

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Mateja Šapina  
**Dinamika makrozooplanktona u Visovačkom jezeru**  
Diplomski rad

Zagreb, 2014.

Ovaj diplomski rad, izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, pod vodstvom prof. dr. sc. Ivančice Ternjej, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u svrhu stjecanja zvanja magistar edukacije biologije i kemije.

*Veliko hvala mentorici prof. dr. sc. Ivančici Ternjej na uloženom vremenu, strpljivosti i korisnim savjetima koji su mi pomogli pri izradi ovog diplomskog rada.*

*Hvala dr.sc. Mariji Gligora Udovič na suradnji i djelatnicima Instituta Ruđer Bošković na ustupljenim podacima koji su prikupljeni na projektu „Istraživanje prirodnih značajki i procjena antropogenog utjecaja na kvalitetu rijeke Krke u području Visovačkog jezera“, koordinator dr.sc. Irena Ciglencečki Jušić.*

*Hvala mojim roditeljima što su ulagali u moje obrazovanje, mojim sestrama i bratu što su vjerovali u mene te mojem dečku i prijateljima koji su mi bili velika podrška pogotovo zadnju godinu studija.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

### **DINAMIKA MAKROZOOPLANKTONA U VISOVAČKOM JEZERU**

Mateja Šapina

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Istraživanje zooplanktona i fizikalno-kemijskih parametara u Visovačkom jezeru provedeno je tijekom srpnja i listopada 2012. te svibnja 2013. U 2013. godini provedeno je još jedno uzorkovanje tijekom listopada. Najveća rasprostranjenost i intenzitet hipoksično-anoksičnih uvjeta zabilježeni su u srpnju 2012., a razlog tomu je pojačana primarna produkcija. Analizom planktona utvrđeno je da ukupna brojnost makrozooplanktona ovisi o vremenskom razdoblju i dubini vodenog stupca. Pronađeno je ukupno 7 vrsta planktonskih račića, četiri vrste iz skupine Cladocera (rašljoticalaca) te tri vrste iz skupine Copepoda (veslonožaca). Vrste iz skupine Copepoda su bile brojnije nego vrste iz skupine Cladocera u srpnju i listopadu 2012. godine, dok su Copepoda prevladavali u svibnju i listopadu 2013. godine. Harpacticoida su zabilježeni samo povremeno s malim brojem jedinki. Tijekom istraživanog razdoblja na svim postajama dominirale su vrste koje pripadaju trofičkoj kategoriji makrofiltratori.

(37 stranica, 26 slika, 4 tablice, 21 literaturni navod, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: slatkovodni zooplankton, Copepoda, Cladocera

Voditelj: Izv. prof.dr.sc. Ivančica Ternjej

Ocjenitelji: Izv. prof.dr.sc. Ivančica Ternjej

Izv. prof. dr. sc. Ines Radanović

Prof. dr. sc. Zora Popović

Zamjena: Doc. dr. sc. Nenad Judaš

Rad prihvaćen: 12.09.2014.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### **MACROZOOPLANKTON OF THE VISOVAC LAKE**

Mateja Šapina

Rooseveltova trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Research on zooplankton and physical-chemical parameter analysis of the Visovac Lake was conducted in July and October in 2012, and during May 2013. In 2013 was conducted another sampling during October. Hypoxic/anoxic conditions were noticed in July 2012, due to increased primary production. Macrozooplankton abundance varied seasonally and was also dependent of depth. Seven species of freshwater Crustaceans were found: 4 Cladocera and 3 Copepoda. Copepods outnumbered cladocerans in July and October 2012; cladocerans dominated in May and October 2013. Harpacticoids were determined only occasionally. Macrofiltrators dominated upon all other trophic categories during the whole investigation.

(37 pages, 24 figures, 4 tables, 21 references, original in Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: freshwater zooplankton, Copepoda, Cladocera

Supervisor: Associate prof.dr.sc. Ivančica Ternjej

Reviewers: Associate prof.dr.sc. Ivančica Ternjej

Associate prof.dr.sc. Ines Radanović

Prof. dr. sc. Zora Popović

Replacement: Doc. dr. sc. Nenad Judaš

Thesis accepted: 12.09.2014

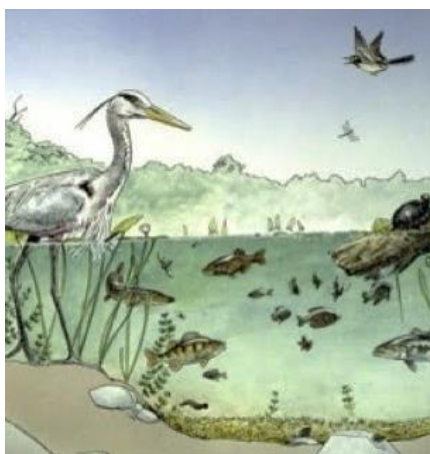
## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
1.1. Ekosustav jezera.....	1
1.2. Plankton.....	4
1.3. Planktonski račići.....	4
1.3.1. Skupina Cladocera-rašljoticalci.....	5
1.3.2. Skupina Copepoda-veslonošci.....	6
1.4. Procjena trofije jezera pomoću planktonskih račića.....	7
1.5. Cilj istraživanja.....	9
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	10
2.1. Visovačko jezero.....	10
3. MATERIJALI I METODE.....	12
3.1. Uzorkovanje i analiza fizikalno-kemijskih parametara.....	12
3.2. Uzorkovanje i analiza planktona.....	14
4. REZULTATI.....	15
4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici.....	15
4.1.1. Koncentracija otopljenog kisika i temperatura vode.....	15
4.1.2. Klorofil <i>a</i> .....	17
4.1.3. Raspodjela hranjivih soli.....	17
4.2. Dinamika i sastav makrozooplanktona.....	18
4.2.1. Brojnost makrozooplanktona.....	18
4.2.2. Biomasa makrozooplanktona.....	23
4.2.3. Trofičke kategorije.....	29
5. RASPRAVA.....	31
6. ZAKLJUČAK.....	34
7. LITERATURA.....	35
8. ŽIVOTOPIS.....	37

# 1. UVOD

## 1.1. Ekosustav jezera

Kopnene vode omogućuju život svim živim bićima, onima koji žive na kopnu kao i vodenim organizmima. Kopnene vode se prostorno i vremenski razlikuju od mora i oceana. Ne predstavljaju kontinuirano vodeno prostranstvo, već su međusobno izolirane u obliku stajaćih ili tekućih voda. Vode stajaćice, ovisno o veličini, mogu biti lokve, bare i jezera. Jezera mogu biti prirodna ili umjetna, a predstavljaju depresije na kopnu ispunjene vodom. Razlike u količinama osvjetljenja, temperature, kisika i otopljenih hranjivih tvari čine vodena staništa izrazito šarolikima, što za posljedicu ima raznolikost u obilju i raspodjeli populacija vodenih bića (Slika 1.1.).



**Slika 1.1.** Jezera su često mjesta velike bioraznolikosti

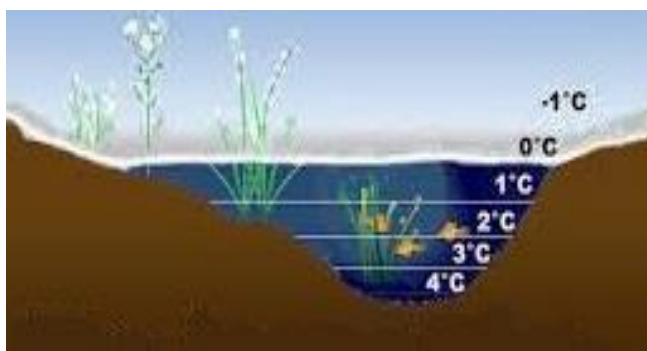
Dubina koju svjetlost može doseći u jezerima ovisi o gustoći i gibanju čestica. Čestice mogu biti sedimentarnog ili biološkog podrijetla i odgovorne su za boju vode. Raspadnuta biljna tvar odgovorna je primjerice za žutu ili smeđu boju, dok su alge odgovorne za zelenkastu boju vode. U vrlo plitkim vodenim masama željezni oksidi daju vodi crvenkasto smeđu boju.

Proces zatrpavanja jezera uzrokovan sedimentacijom organskih i anorganskih čestica zove se eutrofikacija. Taj proces je odgovor ekosustava na dodatak umjetnih ili prirodnih tvari koje narušavaju postojeću ravnotežu. Eutrofikacija potiče pretjerani rast biljaka i njihovo propadanje, favorizirajući rast algi i planktona u odnosu na druge složenije biljke što rezultira smanjenjem kvalitete vode. Kada alge uginu, potonu na dno gdje se razgrađuju, a hranjive tvari sadržane u organskim tvarima se pretvore u anorganske. Procesom razgradnje se troši kisik pa se količina vode smanjuje.

Smanjenjem dubine jezera, povećava se relativni volumen osvijetljenog sloja u kojem djelovanjem primarnih proizvođača raste produkcija organske tvari (Castro i sur., 2005; Qin i sur., 2006; Li i sur., 2008). Tako dolazi do razvoja fitoplanktona čime se povećava primarna produkcija koja utječe na povećanje sekundarne produkcije. Pojačan rast vodenog raslinja ili fitoplanktona te „cvjetanje algi“ remeti normalno funkcioniranje ekosustava i uzrokuje niz

problema kao što su nedostatak kisika potrebnog za ribe i školjke kako bi preživjele. Ljudske aktivnosti mogu ubrzati procese kojim nutrijenti ulaze u ekosustav. Otjecanje voda korištenih u poljoprivredi te zagađenja iz septičkih sustava i kanalizacije mogu povećati protok anorganskih i organskih tvari u ekosustavima. Povećana količina nitrata u tlu je nepoželjna za biljke, kao i povećanje količine fosfora i dušika za organizme koji žive u vodi. Mnoge ekološke posljedice mogu nastati zbog poticanja primarne produkcije, ali postoje tri posebno uznemirujuća ekološka utjecaja: smanjena biološka raznolikost, promjene u sastavu vrsta i dominacije te toksični učinci. Zato je bitno usporiti proces eutrofikacije i održavati normalnu ravnotežu ekosustava u svrhu očuvanja hranidbene mreže čiji je sastavni dio upravo plankton.

Važni parametri kakvoće vode uz koncentraciju otopljenog kisika su i temperatura vode, koncentracija vezanog ugljikovog dioksida, pH vrijednost, elektroprovodljivost, prozirnost vode te koncentracije klorofila *a*, nitrata, ortofosfata i ukupnog fosfora. Jedna od najvažnijih svojstava vode su anomalija vode i visoki toplinski kapacitet. Anomalija vode posebnost je vode da najveću gustoću ima na temperaturi od  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , iako bi svako tijelo trebalo imati najveću gustoću u krutom stanju. Voda prelazi u kruto stanje na temperaturi od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a to zimi omogućava životinjama i biljkama da prežive na dnu jezera. Ondje je voda još uvijek u tekućem stanju, iako površina vode može biti zaleđena (Slika 1.2.). Kako se temperatura tekuće vode povećava od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , njena se gustoća povećava. Iznad  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  voda se ponaša „normalno“, tj. daljnjim povećanjem temperature gustoća joj se smanjuje. Visoki toplinski kapacitet sprječava mogućnost lakog isušivanja vodenih staništa jer zbog njega vodi treba dovesti puno topline da bi iz tekućeg prešla u plinovito stanje.



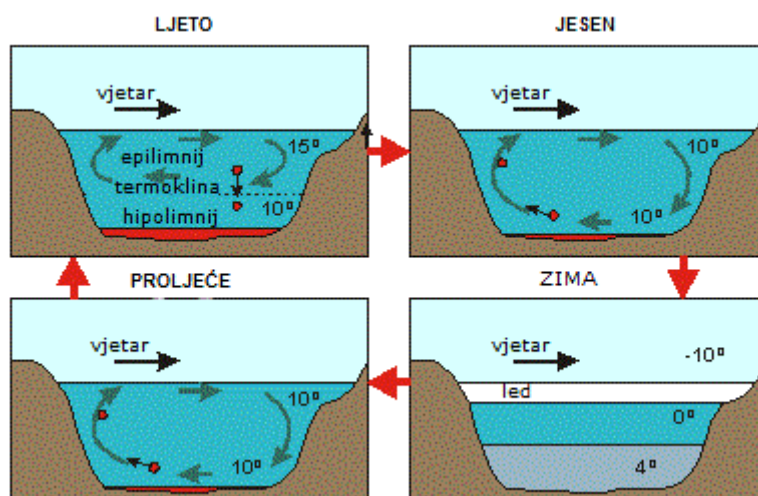
**Slika 1.2.** Anomalija vode omogućava preživljavanje organizama zimi

Voda je dobro otapalo stoga se u njoj nalaze brojne tvari koje omogućuju prehranu i služe za fiziološke potrebe živim bićima. Kisik u vodu dospijeva difuzijom iz atmosfere, a nastaje i fotosintetskom aktivnošću primarnih proizvođača kao što su vodeno bilje i fitoplankton. Sama fotosinteza ovisi o temperaturi vode, kvaliteti, dubini i trajanju svjetlosti te brojnosti primarnih proizvođača.



Ugljikov dioksid se u vodi nalazi u tri oblika, kao slobodni  $\text{CO}_2$  te u obliku bikarbonata i karbonata. Ugljikov dioksid iz zraka se otapa u vodi i reagira s njom pri čemu nastaje ugljična kiselina. Kod disocijacije kiseline nastaju bikarbonatni i oksonijevi ioni čime se smanjuje pH vrijednost. U idućem koraku disocijacije nastaju karbonatni ion i oksonijev ion, a sami stupanj disocijacije ovisi o pH vrijednosti. Bikarbonati nastaju kada pH vrijednost iznosi otprilike 8, a kada se pH pomakne prema višim vrijednostima ravnoteža se pomiče prema nastanku karbonatnih iona. Ako je pH vrijednost manja od 8 u vodi prevladava slobodni ugljikov dioksid i ugljična kiselina. Snižavanje pH vode dešava se najčešće tijekom jakih kiša ili topljenja snijega. To uzrokuje smanjenu moć razmnožavanja mnogih vodenih organizama pa je zato važno pratiti promjene pH vrijednosti. Karbonatno-bikarbonatna ravnoteža važna je i za puferski kapacitet jezera, odnosno sposobnost primanja hidroksidnih iona i oksonijevih iona bez promjene pH vrijednosti.

Samo dio toplinske energije sunca prodire u gornje slojeve vode, dok se dublji slojevi zagrijevaju strujanjima vode. Ljeti se jezera jače zagrijevaju, zbog čega dolazi do stratifikacije jezerske vode. Razlikujemo tri sloja odnosno tri termičke zone (Erlih, 2010): epilimniji ili gornji sloj, termoklina ili metalimniji te najdublji sloj ili hipolimniji (Slika 1.3.). Termoklina onemogućava miješanje epilimnija s hipolimnijem, čime je hladnija i ujednačena dubinska vodena masa preko ljeta u znatnoj mjeri izolirana od površinske vodene mase (Papović i Šapkarev, 1990).



**Slika 1.3.** Stratifikacija jezera

## 1.2. Plankton

U kopnenim vodama dva su staništa u kojima se odvija život: bental – bentos (životinje vezane uz dno) i limnion – plankton i nekton (organizmi koji se aktivno kreću snagom vlastitih mišića). Plankton je zajednica organizama koji slobodno lebde u vodi, a njihovo kretanje prvenstveno ovisi o strujanju vode (Moss, 1980). Upravo zbog toga, u nedostatku posebnih organa za plivanje, razvili su posebne prilagodbe koje im omogućavaju da se lakše suprotstave jačem gibanju vode. Tako su smanjili specifičnu težinu tijela, povećali otpor vodi pomoću dugih tjelesnih nastavaka te se aktivno gibaju. Plankton se nalazi u slatkim i morskim vodama, a može biti biljnog podrijetla pa se naziva fitoplankton ili životinjskog podrijetla pa se naziva zooplankton. Fitoplankton čine fotosintetske alge i bakterije te gljivice, a zooplankton skupine Rotatoria (kolnjaci) te planktonskih račića Cladocera (rašljoticalci) i Copepoda (veslonošci). Glavninu makrozooplanktona veličine (od 1 do 5 mm) čine skupine Copepoda i Cladocera (Arthropoda – Crustacea), koje provode cijeli svoj životni vijek u slobodnoj vodi te zbog takvog načina života spadaju u pravi plankton – holoplankton. Od ostalih skupina životinja u slatkovodnom zooplanktonu mogu se susresti Protozoa, jaja riba, ličinke riba, školjkaša, kukaca, dugoživci pa čak i meduze (Vrebčević, 1996).

**Tablica 1.1.** Podjela slatkovodnog planktona prema veličini prema Breitig i Tumpling, 1982. (Vrebčević, 1996)

KATEGORIJA	VELIČINA
Megaplankton	>5 mm
Makroplankton	1 – 5 mm
Mezoplankton	500 – 1000 $\mu$ m
Mikroplankton	50 – 500 $\mu$ m
Nanoplankton	5 – 50 $\mu$ m
Ultraplankton	<5 $\mu$ m

## 1.3. Planktonski račići

Prve gore spomenute četiri kategorije planktonskih organizama vidljive su golim okom i mogu se uhvatiti planktonskim mrežama (tzv. mrežni plankton). U mrežni plankton spadaju već spomenute skupine planktonskih račića Cladocera i Copepoda, no njihovi juvenilni oblici i ličinke (copepodita i nauplii), pripadaju manjim veličinskim kategorijama (Vrebčević, 1996) (Tablica 1.1.). U ovom istraživanju su proučavane skupine Entomostraca (nižih rakova), Cladocera (rašljoticalci) i Copepoda (veslonošci). Susreću se u jezerima, ribnjacima, akumulacijama, barama i jarcima (Vrebčević, 1996). Vrebčević (1996) također navodi da su vertikalne migracije skupina Cladocera i Copepoda jedno od važnijih obilježja slatkovodnog planktona te da ove skupine pokazuju pravilne migracije po dubini tijekom 24 sata, odlazeći u površinske slojeve tijekom noći i spuštajući se u dublje slojeve tijekom dana. Odum (1971) navodi da njihove migracije mogu iznositi i do 60 metara. Pretpostavlja se da se plankton zadržava na onoj dubini na kojoj mu je optimalna količina svjetla (Piria, 2006).

### 1.3.1. Skupina Cladocera-rašljoticalci

Cladocera odnosno rašljoticalci su mikroskopski organizmi koji predstavljaju važan dio slatkovodnog planktona, a pripadaju podrazredu Entomostaca tj. nižim rakovima. Rašljoticalci se također pojavljuju i u riječnom planktonu, gdje čine potamolankton, npr. *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785) (de Bernardi i sur., 1987). Brojne populacije se nalaze u otvorenoj vodi jezera (limnetički plankton), a prave limnetičke vrste su iz rodova: *Bosmina*, *Diaphanosoma*, *Daphnia* i *Holopedium* (Ward i Whipple, 1959) (Slika 1.4.). Cladocera su organizmi veličine od 200  $\mu\text{m}$  do 18 mm. Gotovo svi predstavnici skupine Cladocera hrane se procjeđivanjem (filtriranjem) sitnih čestica koje lebde u vodi ili nanoplanktonskim algama. To im omogućuju sitni privjesci koji se nalaze unutar tjelesne ljuske čiji ritmički pokreti tjeraju sakupljene čestice hrane u ždrijelo (Vrebčević, 1996). Prema Karabinu (1985) planktonski račići su podijeljeni u mikrofiltratore, makrofiltratore i predatore. Vrste iz skupine Cladocera su mikrofiltratori, među kojima postoje neefikasni mikrofiltratori koji se hrane detritusom i bakterijama veličine 2 – 5  $\mu\text{m}$  (*B. longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848) te efikasni mikrofiltratori koji se hrane nanoplanktonskim algama, detritusom i bakterijama veličine 10 – 12  $\mu\text{m}$  (*Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller, 1785), vrste roda *Daphnia* i *Bosmina* osim *B. longirostris*). U predatore koji se hrane drugim rašljoticalcima, kolnjacima te malim veslonošcima spadaju *Leptodora kindtii* (Focke, 1844), *Bythotrepeus longimanus* (Leydig, 1860) i *Polyphemus pediculus* (Linnaeus, 1761) (de Bernardi i sur., 1987).



*Bosmina longirostris*

*Daphnia longispina*

*Diaphanosoma brachyurum*

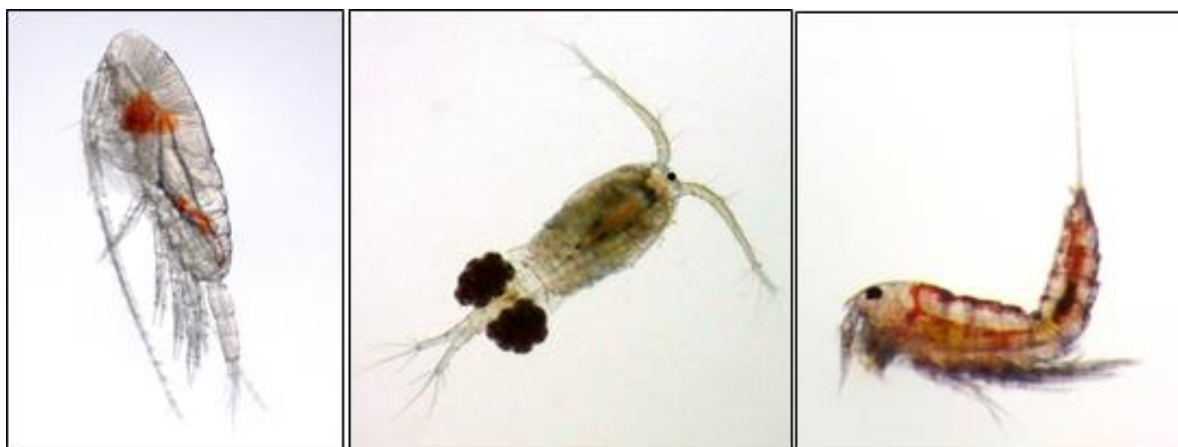
**Slika 1.4.** Limnetičke vrste skupine Cladocera

Zbog načina ishrane rašljoticalci predstavljaju primarne konzumente, a prema produkciji organske tvari ubrajaju se u sekundarne producente. No nespolan, partenogenetski način razmnožavanja osigurava im veliku gustoću populacije, adaptaciju na promjene u okolišu, te sprječava smanjenje gustoće populacije uzrokovane predatorima (Gadgil i Bossert, 1970).

Partenogenetske ženke produciraju jaja iz kojih se razvijaju nove partenogenetske ženke jer većim dijelom godine u populacijama nema mužjaka. Ovakvo razmnožavanje karakterizira velik broj jaja (fekunditet), a generacijsko vrijeme ovisi o temperaturi i ono je vrlo kratko. Cladocera nemaju razvojne stadije pa ne prolaze preobrazbu ličinke, osim vrste *Leptodora kindtii* (Vrebčević, 1996). Za vrijeme nepovoljnog razdoblja, ženke počinju producirati jaja iz kojih se pojavljuju mužjaci pa s njihovom pojavom počinje spolno razmnožavanje. Oplođena jaja se ne razvijaju odmah, a nazivaju se trajnim, rezistentnim jajima jer mogu preživjeti te nepovoljne uvjete. U povoljnim uvjetima iz njih se razvijaju ženke koje se dalje partenogenetski razmnožavaju.

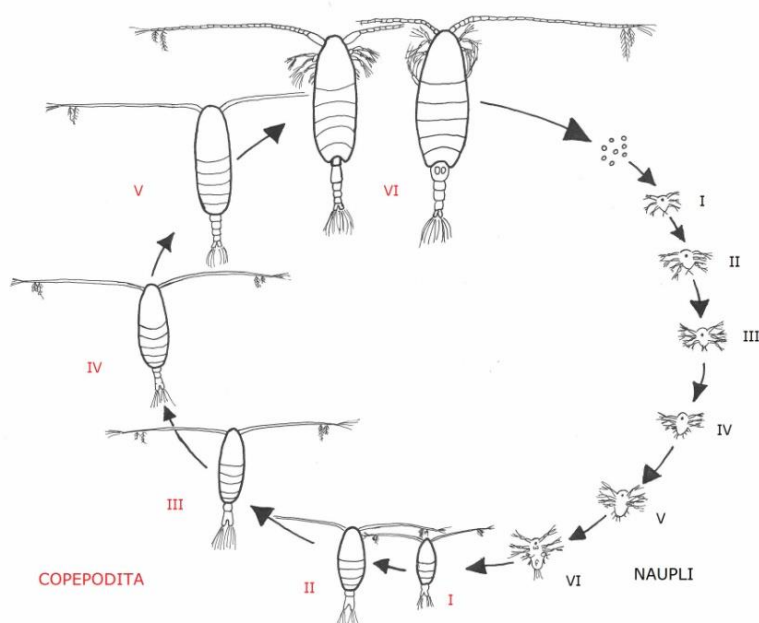
### 1.3.2. Skupina Copepoda-veslonošci

Copepoda ili veslonošci su mikroskopski račići koji žive u površinskim i podzemnim kopnenim vodama te u moru. Copepoda kopnenih voda dijele se na tri porodice Calanoida, Cyclopoida i Harpacticoida koje se razlikuju po građi i načinu života (Slika 1.5.). Calanoida uglavnom lebde u vodi (ili se pokreću naglim trzajima nalik na skokove), Cyclopoida plivaju, a Harpacticoida pužu po dnu izvijajući svoje tijelo (Vrebčević, 1996). Harpacticoida se građom tijela znatno razlikuju od porodica Calanoida i Cyclopoida jer nemaju duge antenule i imaju znatno kraću furku. Podzemne ekosisteme rijeđe naseljavaju Cyclopoida i Calanoida jer u podzemlju nema fitoplanktona i zooplanktona kojima se hrane (Vrebčević, 1996). Među trima nabrojanim porodicama postoje paraziti, poluparaziti i komenzali. Slobodno živeći Copepoda imaju tri načina ishrane, filtratorski, predatorski i detritofagni. Najveći dio Calanoida, uključujući i njihove razvojne stadije hrani se filtriranjem, a glavna su im hrana nanoplanktonske alge, detritus i bakterije. Cyclopoida imaju sličan način prehrane, samo što odrasli mogu biti fakultativni (povremeni) predatori pa se hrane kolnjacima i rašljoticalcima (*Bosmina*, *Daphnia*, *Diaphanosoma*, nauplii).



**Slika 1.5.** Porodice Copepoda: *Calanoida*, *Cyclopoida* i *Harpacticoida*

Copepoda u slobodnoj vodi jezera obično su bezbojni, a samo određeni dijelovi tijela mogu biti obojeni poput spolnog dijela zatka ili antenula. Pigment potječe od algi ili se sintetizira u njihovom tijelu. Slobodno živeći Copepodase većinom razmnožavaju spolno. Jaja se pojavljuju u vrećicama koje su pričvršćene za genitalni segment ženke, a neke vrste odlažu jaja direktno u vodu. Calanoida imaju dvije vrste jaja, kratkotrajna te otporna koja mogu preživjeti nepovoljne uvjete pa se stoga nazivaju dicikličkim vrstama. Iz oplodjenih jaja se razvijaju ličinke nauplii koje prolaze preobrazbu u šest stadija sve do copepodita, koji onda prolazi kroz još šest stadija da bi dobio konačan izgled odrasle jedinke (Slika 1.6.).



**Slika 1.6.** Razvojni ciklus Copepoda

#### 1.4. Procjena trofije jezera pomoću planktonskih račića

Intenzitet organske produkcije naziva se trofija. Proces porasta trofije je prirodni proces, ali je antropogeni utjecaj može ubrzati pa je zato važno procijeniti bioprodukciju vodenog ekosistema. Jedan od načina je analiza biomase zooplanktona. Budući da većinu biomase planktona čini makrozooplankton, rašljoticalci i veslonošci, njihovom analizom (biomasa, struktura) je moguće procijeniti stanje trofije. Organska produkcija utječe na sastav i dinamiku zooplanktona. U jezerima s niskim stupnjem trofije, broj vrsta planktonskih račića je velik i obrnuto, u jezerima s visokim stupnjem trofije je mali broj vrsta (Vrebčević, 1996). Stupanj trofije jezera mora se sagledati u doba najintenzivnije bioprodukcije, a to je proljetno-ljetno razdoblje (od svibnja do listopada).

Postoji veza između povećanja primarne produkcije dotokom hranjivih soli, čime se povećava sekundarna produkcija zooplanktona. Prozirnost vode je posljedica svih čimbenika koji utječu na trofički indeks (TSI), a čimbenici su: količina ukupnog fosfora ( $\text{mg m}^{-3}$ ), klorofila *a* ( $\text{mg m}^{-3}$ ), ukupan broj stanica algi ( $\text{NL}^{-1}$ ) i sama organska proizvodnja ( $\text{g(C)m}^{-2} \text{god}^{-1}$ ). S obzirom na stupanj trofije vodenih sustava, razlikujemo iduće vodene sustave: ultraoligotrofne (vrlo nizak stupanj trofije), oligotrofne (nizak stupanj trofije), mezotrofne i eutrofne (visok stupanj trofije) te hipertrofne (vrlo visok stupanj trofije) (Tablica 1.2.). U oligotrofnim jezerima je mala količina detritusa i bakterija, kao i biomasa zooplanktona i fitoplanktona (dominiraju učinkoviti mikrofiltratori), dok je u jezerima s povećanom trofijom količina detritusa, bakterija i biomase zooplanktona povećana.

**Tablica 1.2.** Podjela vodenih sustava s obzirom na trofički indeks, koncentraciju klorofila *a* i prozirnost (Carlson, 1977)

STUPANJ TROFIJE	TSI	Klorofil <i>a</i> / $\text{mg L}^{-3}$	Prozirnost / m
<b>Ultraoligotrofan</b>	< 30	< 0,95	>8
<b>Oligotrofan</b>	30 – 40	0,95 – 2,6	4 – 8
<b>Mezotrofan</b>	40 – 50	2,6 – 7,3	2 – 4
<b>Eutrofan</b>	50 – 70	7,3 – 56	0,5 – 2
<b>Hipertrofan</b>	>70	> 56	< 0,5

Prema Karabinu (1985), većina makrozooplanktona se može razvrstati u tri skupine:

- oni koji ukazuju na niži stupanj trofije ili procesa smanjenja trofije:  
*Daphnia longispina hyalina* var. *galeata* (Sars, 1864)  
*Daphnia cristata* (Sars, 1862)  
*Daphnia cuculata* (Sars, 1862)
- oni koji ukazuju na stanje povećane trofije:  
*Diaphanosoma brachyurum*  
*Bosmina longirostris*  
*Mesocyclops leucarti* (Claus, 1857)
- oni čija prisutnost ne može ukazati na povećanu ili smanjenu trofiju:  
*Eudiaptomus gracilis* (Sars, 1862)  
*Leptodora kindtii*  
*Ceriodaphnia quadrangula*  
*Cyclops kolensis* Lilljebog 1901  
*Daphnia pulex* (De Geer, 1778)

## **1.5. Cilj istraživanja**

Ciljevi istraživanja su:

1. utvrditi sastav zajednice makrozooplanktona i brojnost pojedinih vrsta Visovačkog jezera
2. utvrditi varijabilnosti makrozooplanktona u analiziranim uzorcima s obzirom na različite ekološke parametre tijekom istraživanih mjeseci
3. na temelju utvrđenih svojstava zajednice i brojnosti makrozooplanktona procijeniti u kojoj fazi trofije je Visovačko jezero



## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Visovačko jezero

Rijeka Krka je krški fenomen koja, probijajući se prema moru, oblikuje jezera, slapove i brzace. Izvire u podnožju planine Dinare kraj grada Knina. Zbog prirodnih ljepota i geoloških karakteristika veći dio područja oko rijeke Krke proglašen je nacionalnim parkom 1985.god. Visovačko jezero obuhvaća površinu od 109 km<sup>2</sup> uz tok Krke, dva kilometra nizvodno od Knina do Skradina. Rijeka Krka je omeđena dvjema sedrenim barijerama: Roški slap na sjeveru i Skradinski buk na jugu. Te dvije barijere su nastale biološkim taloženjem kalcijevog karbonata. Od Roškog slapa Krka se opet pretvara u izduženo Visovačko jezero (Slika 2.1.).



Slika 2.1. Visovačko jezero (Google maps)



Visovačko jezero najveće je proširenje rijeke Krke i zauzima središnji dio NP s otočićem Visovcem po kojem je jezero dobilo ime. Visovac je jedan od najprepoznatljivijih hrvatskih otočića, vjerojatno i najpoznatija razglednica Nacionalnoga parka Krka (Slika 2.2.).



**Slika 2.2.** Otok Visovac

Na otoku se nalaze crkva i franjevački samostan koji je podignut 1445. god. Uzvodno od otoka Visovca jezero se sužava, a voda pojačava tok (Slika 2.3.).



**Slika 2.3.** Visovačko jezero

Visovačko jezero je mediteransko, monomiktičko jezero, s izraženom termičkom stratifikacijom od lipnja do rujna i zimskom izotermijom.

Površina jezera je 7,9 km<sup>2</sup>, maksimalna dubina je 55 m. Oko otoka Visovca je ono i najšire – oko 1 km. Jezero je udaljeno 22 km zračne linije od Jadranske obale. Tijekom zime znatna količina vode dolazi preko rijeke Čikole koji ulazi u jezero u donjem dijelu.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Uzorkovanje i analiza fizikalno-kemijskih parametara

Uzorkovanje su proveli djelatnici Instituta Ruđer Bošković iz Zagreba u sklopu projekta „Istraživanje prirodnih značajki i procjena antropogenog utjecaja na kvalitetu rijeke Krke u području Visovačkog jezera“, koordinator dr.sc. Irena Ciglenečki Jušić. Terensko istraživanje je provedeno u razdoblju 12.07. 2012 do 14.05.2013. pri čemu je obuhvaćeno 5 karakterističnih sezona. U 2013. godini provedeno je još jedno uzorkovanje tijekom listopada (22.10.2013.), ali podaci za fizikalno-kemijske parametre nisu bili dostupni. Lokacije uzorkovanja odabrane su na način da se dobije uvid u unos tvari iz najznačajnijih smjerova (uzvodni dio rijeke Krke, rijeka Čikola) i longitudinalnu raspodjelu promatranih parametara unutar Visovačkog jezera. Odabrano je 7 osnovnih lokacija (V1, V2, V3, V4, V5, V6 i V7) (Slika 3.1.).



**Slika 3.1.** Sedam postaja Visovačkog jezera

Na postajama gdje je dubina bila 15-25m (V1-V5) uzorci su sakupljeni u 4-5 dubina, na plićej postaji V6 na 3 dubine te na postaji V7 sakupljeni su samo površinski uzorci. Uzorci koji su obrađeni prikazani su u Tablici 3.1.

**Tablica 3.1.** Sezone i dubine uzorkovanja na pojedinim postajama

SEZONE	12.7.2012.	10.10.2012.	14.5.2013.	22.10.2013.
POSTAJA	Dubine/m			
V1	5, 10, 14	-	-	0, 5, 10, 14
V2	5, 12, 18	0, 5	-	0, 5, 12, 18
V3	5, 12, 17	0, 5, 12, 17	12	5, 12, 17, 21
V4	0, 5, 12, 17, 21	5, 12, 17	-	5, 12, 17, 21
V5	6, 10, 13, 17, 21	5, 12, 17, 23	12	6, 12, 17, 21
V6	0, 2, 3.5	0, 2, 3.5	3.5	0, 2, 3.5
V7	-	0	-	0

Ukupna dubina na mjestu uzorkovanja procijenjena je spuštanjem markiranog užeta s utegom u srpnju, a izmjerena digitalnim dubinomjerom u ostalim periodima uzorkovanja. Dubina na koju je spušten Niskinov uzorkivač radi uzimanja uzorka vode određena je pomoću markiranog užeta (Slika 3.2.).

Uzorci vode sakupljani su Niskinovim uzorkivačem volumena 5 L (General Oceanics, USA). Osnovni fizičko-kemijski parametri (temperatura, otopljeni kisik, pH) mjereni su *in situ* pomoću sonde koja sadrži:

- HQ40d Portable Meter (HACH, USA)
- IntelliCAL™ LDO101 Rugged Luminescent Dissolved Oxygen (LDO) Probe
- IntelliCAL™ CDC401 Rugged Conductivity Probe



**Slika 3.2.** Niskinov uzorkivač

S obzirom da je na većini postaja u srpnju 2012. godine utvrđeno hipoksično/anoksično stanje u pridnom vodenom sloju, radi provjere vrijednosti koje očitava sonda za kisik, ponovljeno je uzorkovanje vode na postaji V4 te su uzorci za određivanje otopljenog kisika uzeti metodom po Winkleru. Zbog određenih tehničkih problema sa sondom, mjerenje otopljenog kisika u listopadu 2012. obavljeno je metodom prema Winkleru na svim postajama. U sakupljenim uzorcima analizirani su sljedeći parametri:

- temperatura vode
- količina otopljenog kisika
- pH
- klorofil *a*
- nutrijenti (nitrati, nitriti, ortofosfat, amonijak)

Koncentracije nitrata, nitrita, amonija i ortofosfata mjerene su u laboratoriju spektrofotometrijskom metodom. Fitoplanktonski pigmenti, odnosno količina klorofila *a* mjerena je HPLC metodom (tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti).

### 3.2. Uzorkovanje i analiza planktona

Uzorci planktona uzeti su istovremeno s uzorcima za fizikalno-kemijsku analizu vode. Uzorci su uzeti pomoću crpca i iz svakog dubinskog sloja uzeto je 250 ml vode.

Uzorci makrozooplanktona su pregledani pomoću stereomikroskopa XTL-3400D, a brojnost jedinki pojedinih vrsta skupina Cladocera i Copepoda je utvrđena prebrojavanjem jedinki u Petrijevoj zdjelici. Izvršena je determinacija vrsta te je određen ukupan broj jedinki pojedine vrste u uzorku. Izmjereno je dvadeset jedinki svake vrste radi računanja biomase. Brojnost vrsta izražena je brojem jedinki u litri.

Biomasa ( $\mu\text{g/L}$ ) je izračunata tako da je brojnost jedinki u litri vode pomnožena sa suhom težinom pojedine vrste zooplanktona izraženoj u  $\mu\text{g}$ . Težina jedne jedinice dobivena je prema formuli  $W = lna \times L^b$  gdje je  $lna$  odsječak, a  $L^b$  je dužina jedne jedinice na eksponent  $b$  koji predstavlja nagib. Dobiveni rezultati grafički su obrađeni pomoću programa Microsoft Excel. Prilikom determinacije vrsta korištena je standardna taksonomska literatura (Einsle, 1993; Smirnov, 1971). Trofička kategorizacija načinjena je prema Karabinu (1985).

## **4. REZULTATI**

### **4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici**

#### **4.1.1. Koncentracija otopljenog kisika i temperatura vode**

Koncentracije otopljenog kisika u površinskom sloju vode u srpnju 2012. godine su bile u rasponu 9-13 mg/L, a u sloju vodenog stupca od 10-12m izmjerene su povišene koncentracije kisika (do 14,5 mg/L) na nekoliko postaja. Uvjeti s  $< 5$  mg/L kisika su izmjereni na lokacijama V1 - V5 na svim dubinama ispod 12m. Kod postaja V4 i V5 u najdubljem sloju vodenog stupca dostignuta je gotovo potpuna anoksija. Najmanja vrijednost u srpnju 2012. godine od 2 mg/L je izmjerena kod V5 pri 21m dubine, a najveće kod V4 na 12m i V6 na 3,5m (14,5 mg/L).

Što se tiče listopada 2012. godine, izmjerene su nešto manje vrijednosti količine otopljenog kisika u odnosu na srpanj iste godine. Na pojedinim dubinama je došlo do hipoksije odnosno anoksije (postaja V3 pri 17m i V5 pri 23m). Podaci za postaju V6 i V7 nedostaju.

Temperatura vode za srpanj 2012. je bila u prosjeku viša nego u listopadu iste godine. Maksimalna vrijednost je iznosila 26,6 °C, a izmjerena je na postaji V6 pri dubini od 2m. Minimalna vrijednost u srpnju je iznosila 16 °C, a izmjerena je kod V2 pri 18m dubine. Temperature su obično bile više pri površinskim slojevima, dok su one u pridnenim slojevima iznosile oko 17,5 °C. Na postajama V4 i V5 na svim dubinama su izmjerene u prosjeku nešto više temperature nego na ostalim postajama.

Temperature u listopadu iste godine su bile u prosjeku niže nego u srpnju, a kretale su se u rasponu od 17,3 - 19,8 °C. Najviše temperature su izmjerene kod V5 pri 5, 12 i 17m dubine. U pridnenom sloju vode na dubinama većim od 15 m (lokacije V1 - V5) zabilježene su znatno manje varijacije temperature (10 – 15 °C).

Za svibanj 2013. godine istraživanog razdoblja obrađeni su podaci postaje V3 samo pri 12m, zatim postaje V5 također pri 12m i postaje V6 pri 3,5m dubine, dok podaci za ostale dubine i postaje nisu obrađeni. Najviša temperatura u svibnju je izmjerena pri 3,5m i iznosila je 17 °C. Pri dubini od 12m na postajama V3 i V5 su izmjerene slične temperature, oko 15 °C.

Što se tiče listopada 2013. godine, obrađeni su samo rezultati makrozooplanktona zbog nedostatka podataka za fizikalno-kemijske parametre.

Svi podaci vezani za količinu otopljenog kisika i temperaturu vode, za srpanj i listopad 2012. te za svibanj 2013. nalaze se u Tablici 4.1.

**Tablica 4.1.** Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametra tijekom istraživanja

		SRPANJ 2012.								
POSTAJA		V1			V2			V3		
DUBINA/m	JEDINICA	5	10	14	5	12	18	5	12	17
Temperatura vode	°C	21	19	17	21	17	16	20,1	18	17
Količina otopljenog kisika	mg/L	9	7	3	11	9	1,5	12,5	11	4,8
Količina klorofila <i>a</i>	ng/L	1000	998	1001	999	2002	1000	2900	2000	1000
Nitriti	μmol/L	0,35	0,35	0,35	0,2	0,1	1,8	/	/	/
Nitrati	μmol/L	11	11	35	11	25	35	/	/	/
Ortofosfati	μmol/L	0,16	0,2	0,2	0,18	0,4	0,4	/	/	/
Amonijak	μmol/L	1	1	1	2	1	1	1	2	2

nastavak tablice

Postavak tablice		SRPANJ 2012.												
POSTAJA		V4					V5					V6		
DUBINA/m	JEDINICA	0	5	12	17	21	6	10	13	17	21	0	2	3,5
Temperatura vode	°C	26	25,8	19	18,5	18,3	24,5	24	21	18,5	17,5	26,5	26,6	26
Količina otopljenog kisika	mg/L	11	11	14,5	6	2,2	13	12	11,5	4,5	2	11,5	11,5	14,5
Količina klorofila <i>a</i>	ng/L	990	1900	1900	1870	995	1900	2100	1000	995	300	800	900	990
Nitriti	μmol/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0	0	0
Nitrati	μmol/L	9	9	11	12	12	5	5	5	20	20	6	6	6
Ortofosfati	μmol/L	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,18	0,21	0,21	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15
Amonijak	μmol/L	1	1	1	2	2	2	1	1	7,5	7,5	3	3	3

nastavak tablice

POSTAJA		V2		V3				V4			V5			
DUBINA/m	JEDINICA	0	5	0	5	12	17	5	12	17	5	12	17	23
Temperatura vode	°C	19	18	19,5	19,5	18,5	17,3	18,5	18,2	18	19	19,5	19,8	17,5
Količina otopljenog kisika	mg/L	8,5	10	11	11	7	1	11	4	0,1	9	7,5	7	0
Količina klorofila <i>a</i>	ng/L	1000	3440	2000	2010	1000	0	3000	2200	100	3450	2200	3000	0
Nitriti	μmol/L	0,47	0,4	0	0	0,1	0	0,47	>4	0	0,3	0,4	0,1	0,1
Nitrati	μmol/L	11	11	2	2	2	5	3	19	2	4	4	3	3
Ortofosfati	μmol/L	0,18	0,18	0,38	0,38	0,2	1,18	0,38	0,18	0,43	0,2	0,38	0,36	0,36
Amonijak	μmol/L	1	1	7	7	2,5	2,5	1	2	2	1	1,9	1,9	18

nastavak tablice

		LISTOPAD 2012.				SVIBANJ 2013.		
POSTAJA		V6			V7	V3	V5	V6
DUBINA/m	JEDINICA	0	2	3,5	0	12	12	3,5
Temperatura vode	°C	18,8	18,6	18	/	15	15,5	17
Količina otopljenog kisika	mg/L	/	/	/	/	10	11,8	8,3
Količina klorofila <i>a</i>	ng/L	1000	100	2010	1000	2000	6000	4000
Nitriti	μmol/L	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3
Nitrati	μmol/L	5	5	5	4	20	15	15
Ortofosfati	μmol/L	0,56	0,56	0,56	0,4	0,16	0,8	0,11
Amonijak	μmol/L	1	1	1	2	1	2	1,5

#### 4.1.2. Klorofil *a*

Ukupne koncentracije klorofila *a* su bile u širokom rasponu od 79 do 6000 ng/L (Tablica 4.1.).

Srpanjske količine klorofila *a* najviše su iznosile 2900 ng/L (V3 pri 5m), a najmanje 900 ng/L (V6 pri 2m). Prosječno najveće odnosno najmanje vrijednosti za srpanj su izmjerene upravo kod tih postaja. Količine klorofila *a* su u listopadu bile puno veće nego one u srpnju iste godine, u rasponu vrijednosti od 79 - 3450 ng/L. Najveća vrijednost zabilježena je na V5 pri 5m dubine, a kod dubljih slojeva na svim postajama u mjesecu listopadu izmjerene su najmanje količine. Kod postaje V3 pri 12m dubine za svibanj 2013. godine izmjereno je 2000 ng/L klorofila *a*, a kod V5 pri istoj dubini čak 6000 ng/L. Kod V6 pri površini tj. oko 3,5m dubine, izmjereno je 4000 ng/L.

#### 4.1.3. Raspodjela hranjivih soli

U mjesecu srpnju 2012. godine količina nitrita se kretala u rasponu od 0 - 1,8  $\mu\text{mol/L}$ . Najveća vrijednost je izmjerena pri 18m kod postaje V2, a kod V4, V5 i V6 pri svim dubinama su zastupljeni u vrlo malim količinama. Količina nitrata se pak kretala u rasponu od 5-35  $\mu\text{mol/L}$ . Najveće vrijednosti nitrata u srpnju su izmjerene također kod postaje V2, a najmanje kod V6. Za postaju V3 nedostaju podaci o količinama nitrita i nitrata. Vrijednosti ortofosfata za mjesec srpanj su bile u rasponu od 0,15 - 0,4  $\mu\text{mol/L}$ . Najveće vrijednosti su izmjerene kod postaje V4, a najmanje kod V6. Za postaju V3, nedostaju podaci vezani za količinu ortofosfata. Vrijednosti amonijaka za srpanj su se kretale od 1  $\mu\text{mol/L}$  do 7,5  $\mu\text{mol/L}$ , koja je izmjerena kod postaje V5 pri 17 i 21m dubine. Kod postaje V1 su zabilježene najmanje vrijednosti količine amonijaka za srpanj 2012. godine.

Količina nitrita u listopadu 2012. godine se kretala u rasponu od 0 do čak 4  $\mu\text{mol/L}$ . Više od 4  $\mu\text{mol/L}$  je izmjereno kod postaje V4 pri 12m, a najmanje vrijednosti su zabilježene na postaji V3 pri svim dubinama. Vrijednosti nitrata za listopad su se kretale od 2-19  $\mu\text{mol/L}$ . Kod postaje V4 pri 12m je također izmjerena najveća količina nitrata i to 19  $\mu\text{mol/L}$ , dok je najmanja vrijednost opet izmjerena kod V3. Količine ortofosfata su bile u rasponu od 0,18 - 0,56  $\mu\text{mol/L}$ . Na postaji V6 pri svim dubinama izmjerene su najveće količine, a kod postaje V2 najmanje. Što se tiče amonijaka, vrijednosti za listopad su se kretale u rasponu od 1 do čak 18  $\mu\text{mol/L}$ , koja je izmjerena kod postaje V5 pri 23m. Najmanje vrijednosti su izmjerene kod postaja V2 i V6, a iznose 1  $\mu\text{mol/L}$ .

Najveću količinu ortofosfata u svibnju 2013. godine bilježi postaja V5 pri 12m, a ona iznosi 0,8  $\mu\text{mol/L}$ . Ta postaja bilježi i najveću količinu amonijaka i to 2  $\mu\text{mol/L}$ . Količina nitrita je bila podjednaka kod sve tri postaje (V3 i V5 pri 12m i V6 pri 3,5m) i to otprilike 0,2  $\mu\text{mol/L}$ , a nešto više nitrata u svibnju je izmjereno kod postaje V3 u iznosu od 20  $\mu\text{mol/L}$ .

Ukupna raspodjela hranjivih soli (nitrita, nitrata, ortofosfata i amonijaka) za srpanj i listopad 2012. te svibanj 2013. godine prikazana je po postajama u Tablici 4.1.

## 4.2. Dinamika i sastav makrozooplanktona

U Visovačkom jezeru utvrđene su četiri vrste iz skupine Cladocera te tri vrste iz skupine Copepoda te njihovi razvojni stadiji copepoditi i nauplii.

Pronađene vrste iz skupine Cladocera odnosno rašljoticalaca su: *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia longispina*, *Daphnia cucullata* i *Bosmina longirostris* (Slika 4.1.).



*Diaphanosoma brachyurum* *Daphnia longispina* *Daphnia cucullata* *Bosmina longirostris*

**Slika 4.1.** Vrste iz skupine Cladocera Visovačkog jezera

Pronađene vrste iz skupine Copepoda odnosno veslonožaca su: *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops abyssorum* i jedna neodređena vrsta Harpacticoida (Slika 4.2.).



*Eudiaptomus gracilis*

*Cyclops abyssorum*

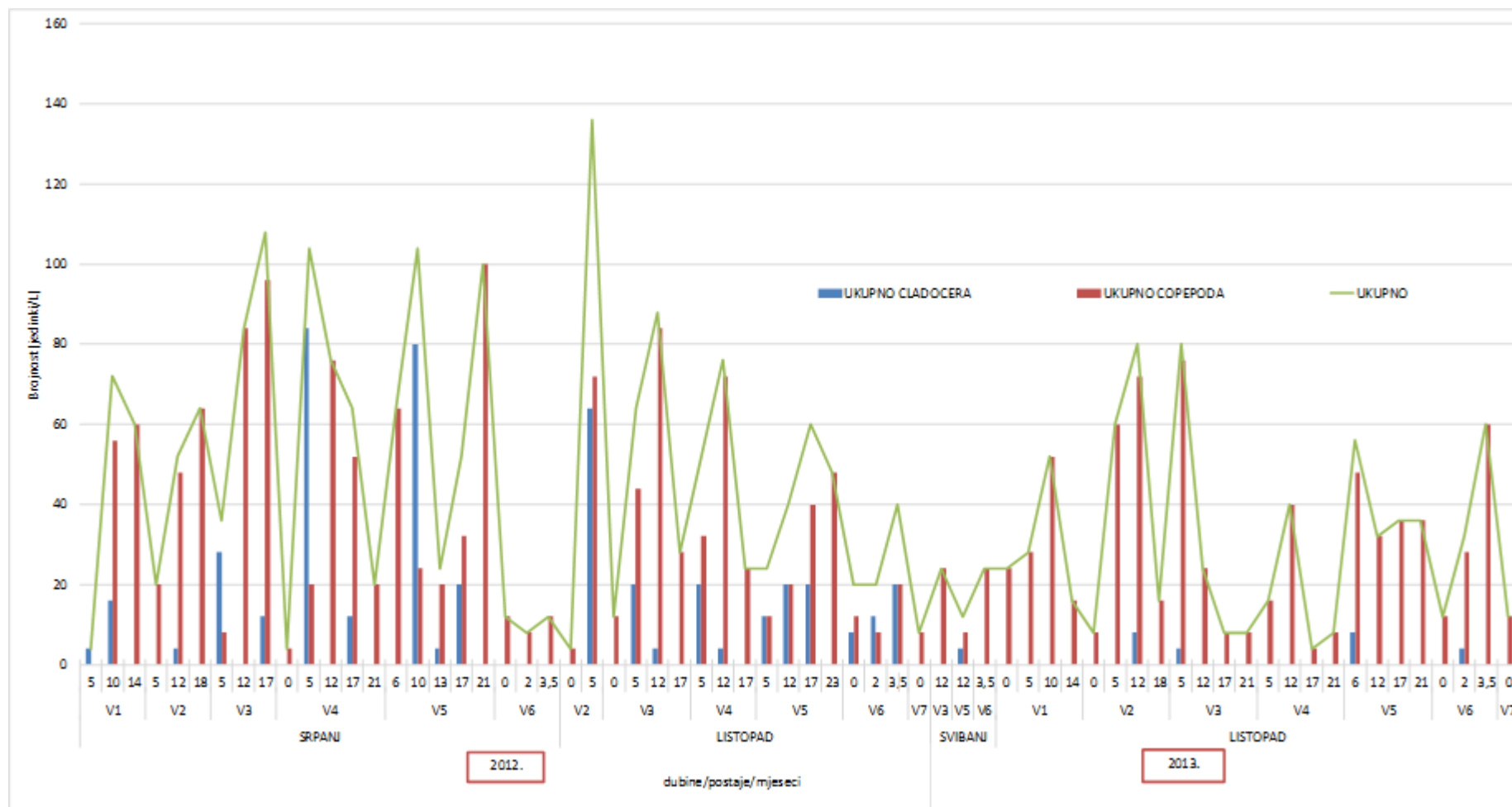
Harpacticoida

**Slika 4.2.** Skupina Copepoda Visovačkog jezera

### 4.2.1. Brojnost makrozooplanktona

Brojnost makrozooplanktona ovisi o vremenskim razdobljima i dubini vode. Vrste iz skupine Copepoda (veslonožaca) su bile brojnije nego vrste iz skupine Cladocera (rašljoticalaca) u srpnju i listopadu 2012. godine, dok su Copepoda prevladavali u svibnju i listopadu 2013. godine s najvećom brojnošću kod postaje V2 pri 12m i V3 pri 5m dubine. Najveća brojnost neovisno o vrsti zooplanktona je zabilježena u listopadu 2012. godine na dubini od 5m i to kod postaje V2. Skupina Copepoda najveću brojnost dosegla je u srpnju 2012.g. pri 21m kod postaje V5, a Cladocera također u srpnju pri 5m kod postaje V4. Općenito pri površinskim slojevima vode (do 5m) su vrste iz obje skupine zabilježile najmanju brojnost bez obzira na postaje. U srpnju 2012. g. su vrste iz obje skupine bile brojnije nego u listopadu iste godine (Slika 4.3.).





**Slika 4.3.** Brojnost makrozooplanktona tijekom istraživnog razdoblja

Od vrsta skupine Cladocera, najbrojnija je *Diaphanosoma brachyurum* koja je maksimum brojnosti dosegla u srpnju 2012.g. pri 5m dubine kod postaje V4. U listopadu iste godine *D.brachyurum* je maksimum dosegla također pri 5m kod V4, ali i pri 12 i 17m kod postaje V5.

*Daphnia longispina* je zabilježena u srpnju i listopadu 2012.g. u malenom broju, a najviše u srpnju kod postaje V3 pri 17m i u listopadu kod postaje V4 pri 12m.

*Daphnia cucullata* je zabilježena samo u listopadu pri dubini od 5m i to kod postaje V5.

*Bosmina longirostris* je također zabilježena samo u listopadu i to kod postaje V6 pri površinskim slojevima jezera (0-3,5m). U svibnju i listopadu 2013. godine vrste skupine Cladocera su imale najmanju brojnost.

*Eudiaptomus gracilis* je najbrojnija vrsta iz porodice Calanoidea skupine Copepoda, koja je u srpnju 2012.g. dosegla maksimum brojnosti i to pri 18m kod postaje V2.

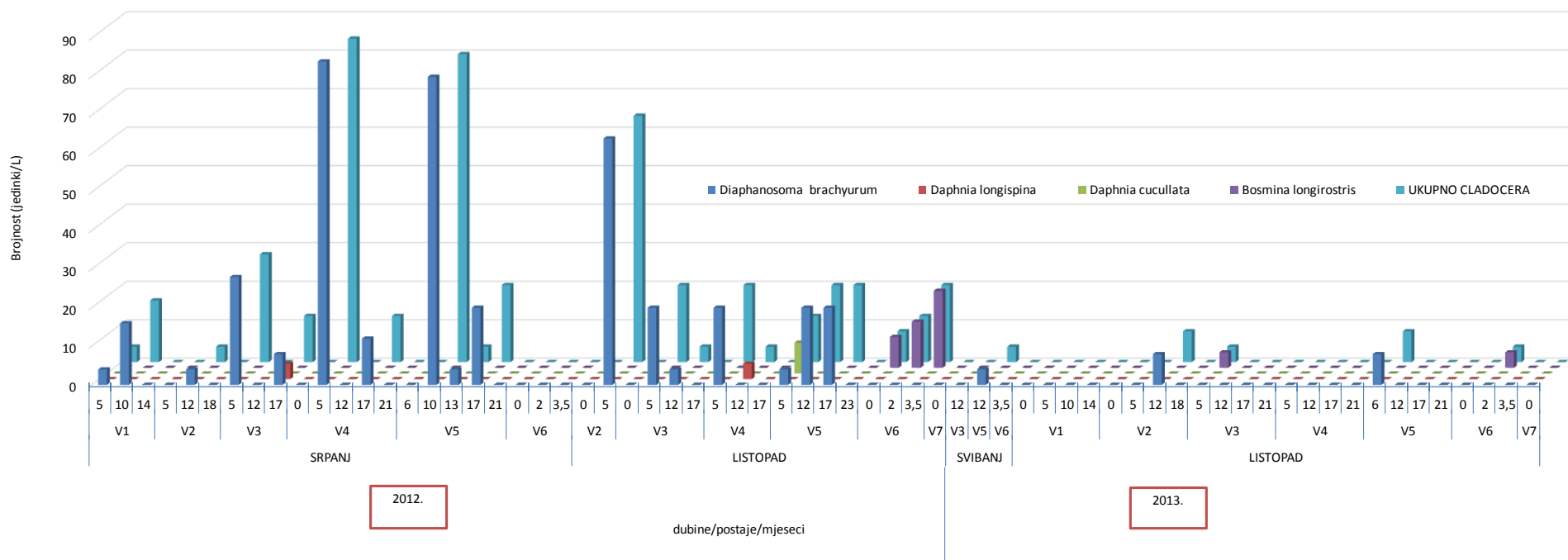
Veliku brojnost su pokazali i razvojni stadiji copepoditi te ličinke nauplii, koji su bili nešto brojniji u srpnju nego u listopadu iste godine i to pri svim dubinama i postajama. Ti stadiji su također bili brojni i u listopadu 2013. godine.

Odrasle jedinke *Cyclops abyssorum* iz porodice Cyclopoidea su zabilježene u oba mjeseca 2012.g. u malenom broju te su se češće pojavljivale u dubljim slojevima jezera, od 17 - 21m. Međutim, u listopadu 2013. godine su bile mnogo brojnije te su svoj maksimum bilježile kod postaje V6 pri 3,5m dubine.

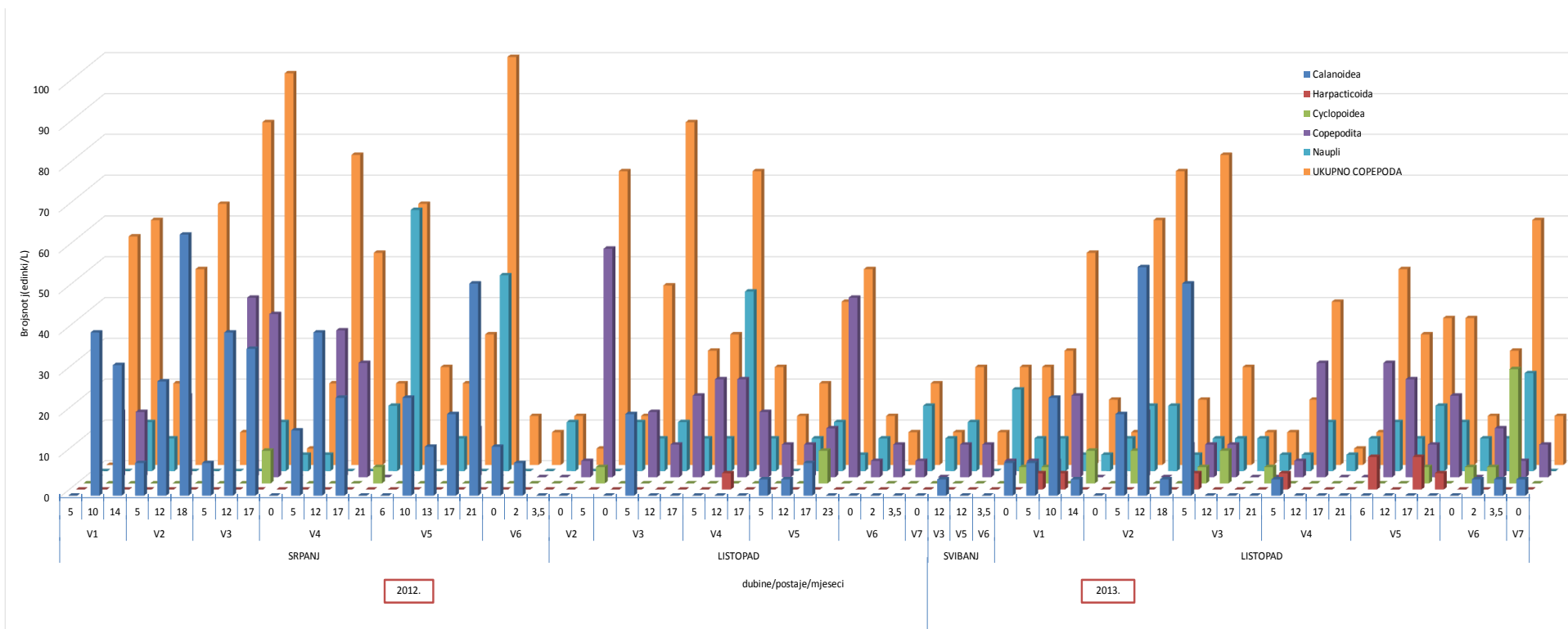
Vrsta iz porodice Harpacticoida se pojavila u listopadu 2012.g. pri 12m kod postaje V4, a u mnogo većem broju je zabilježena u listopadu 2013. godine i to u svim postajama osim V2 i V6. Maksimum brojnosti bilježila je kod postaje V5 pri 6 i 17m dubine.

Na Slici 4.4. se može vidjeti ukupna brojnost vrsta iz skupine Cladocera za srpanj i listopad 2012. godine te svibanj i listopad 2013. godine. Jasno se vidi da su vrste iz te skupine bile brojnije u listopadu 2012. nego u istom mjesecu iduće godine.

Na Slici 4.5. se vidi da je brojnost vrsta iz skupine Copepoda puno veća naspram vrsta iz skupine Cladocera.



**Slika 4.4.** Brojnost rašljoticalaca (Cladocera) tijekom istraživanog razdoblja



**Slika 4.5.** Brojnost veslonožaca (Copepoda) tijekom istraživnog razdoblja

#### 4.2.2. Biomasa makrozooplanktona

Ukupna biomasa makrozooplanktona za srpanj i listopad 2012. godine prikazana je na Slici 4.6.

Najveća biomasa skupine Copepoda iznosila je 1395,26  $\mu\text{g/L}$ , a zabilježena je u srpnju 2012. godine kod postaje V2 pri 18m dubine. Velike biomase skupine Copepodita zabilježene u srpnju su i kod postaje V3 pri 12 i 17m, kod V4 pri 12m i kod V5 pri 21m dubine. Značajnija biomasa skupine Cladocera zabilježena je u srpnju kod postaje V4 pri 5m te V5 pri 10m, ali i u listopadu kod V2 pri 5m i kod V5 pri 5m.

Biomase pojedinih vrsta iz skupine Cladocera prikazane su na Slici 4.7. Među vrstama iz skupine Cladocera najveću ukupnu biomasu imala je *Diaphanosoma brachyurum* koja u srpnju 2012.g. maksimume bilježi kod postaje V4 pri 5m (166  $\mu\text{g/L}$ ) i kod V5 pri 10m (158,89  $\mu\text{g/L}$ ). Biomasa vrste *Diaphanosoma brachyurum* u listopadu 2012.g. je bila najveća kod postaje V2 pri 5m.

U srpnju 2012. veliku biomasu imala je vrsta *Daphnia longispina* i to kod postaje V3 pri 17m, dok ostale vrste nisu pronađene pa nema podataka o biomasi.

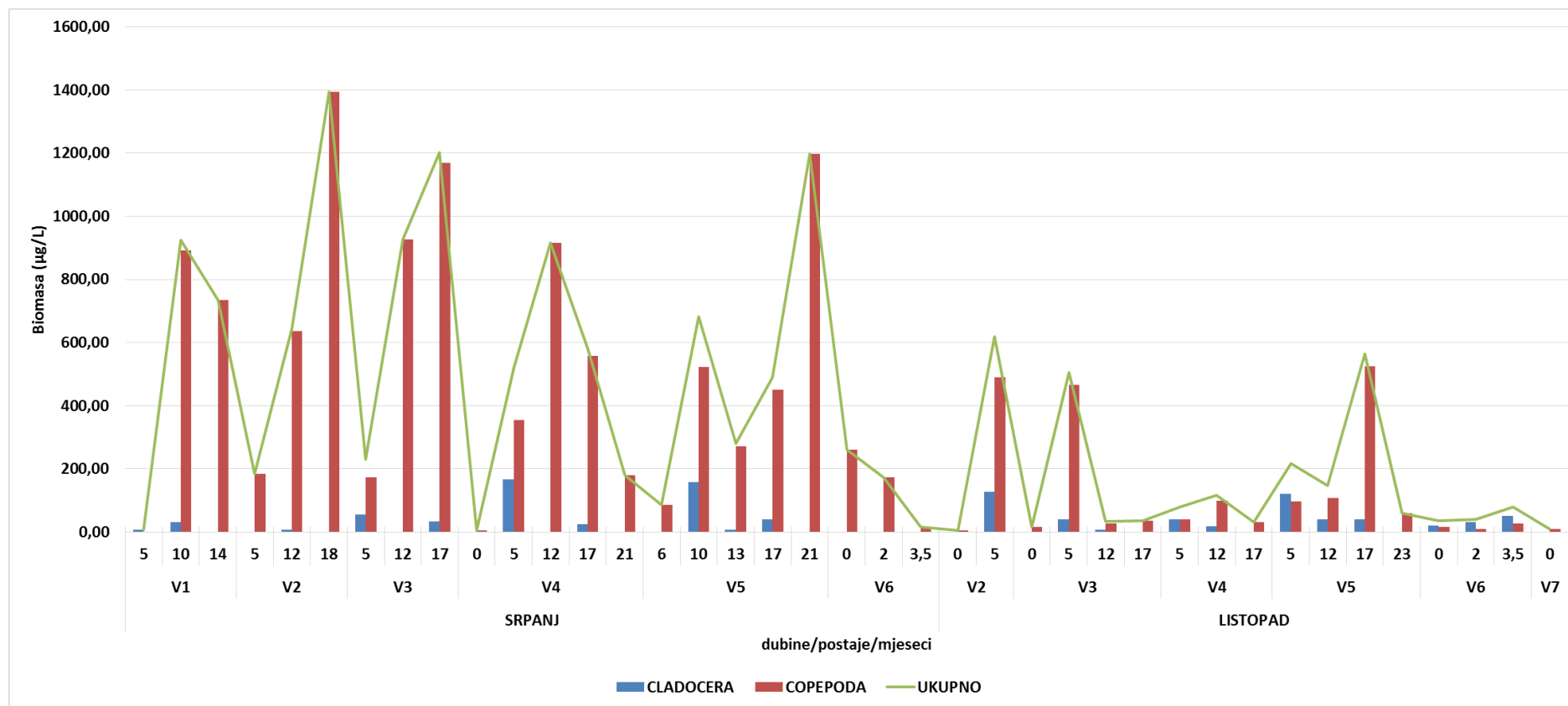
Zanimljivo je da je veliku biomasu u listopadu bilježila i *Daphnia cucullata* i to kod postaje V5 pri 5m, dok u srpnju iste godine uopće nije pronađena.

Veliku biomasu u listopadu također je bilježila i *Bosmina longirostris*, ali samo kod postaje V6 i to pri svim dubinama. Vrsta *Daphnia longispina* u listopadu je dosegla jednaku vrijednost za biomasu kao i u srpnju iste godine, a iznosila je 17,51  $\mu\text{g/L}$ .

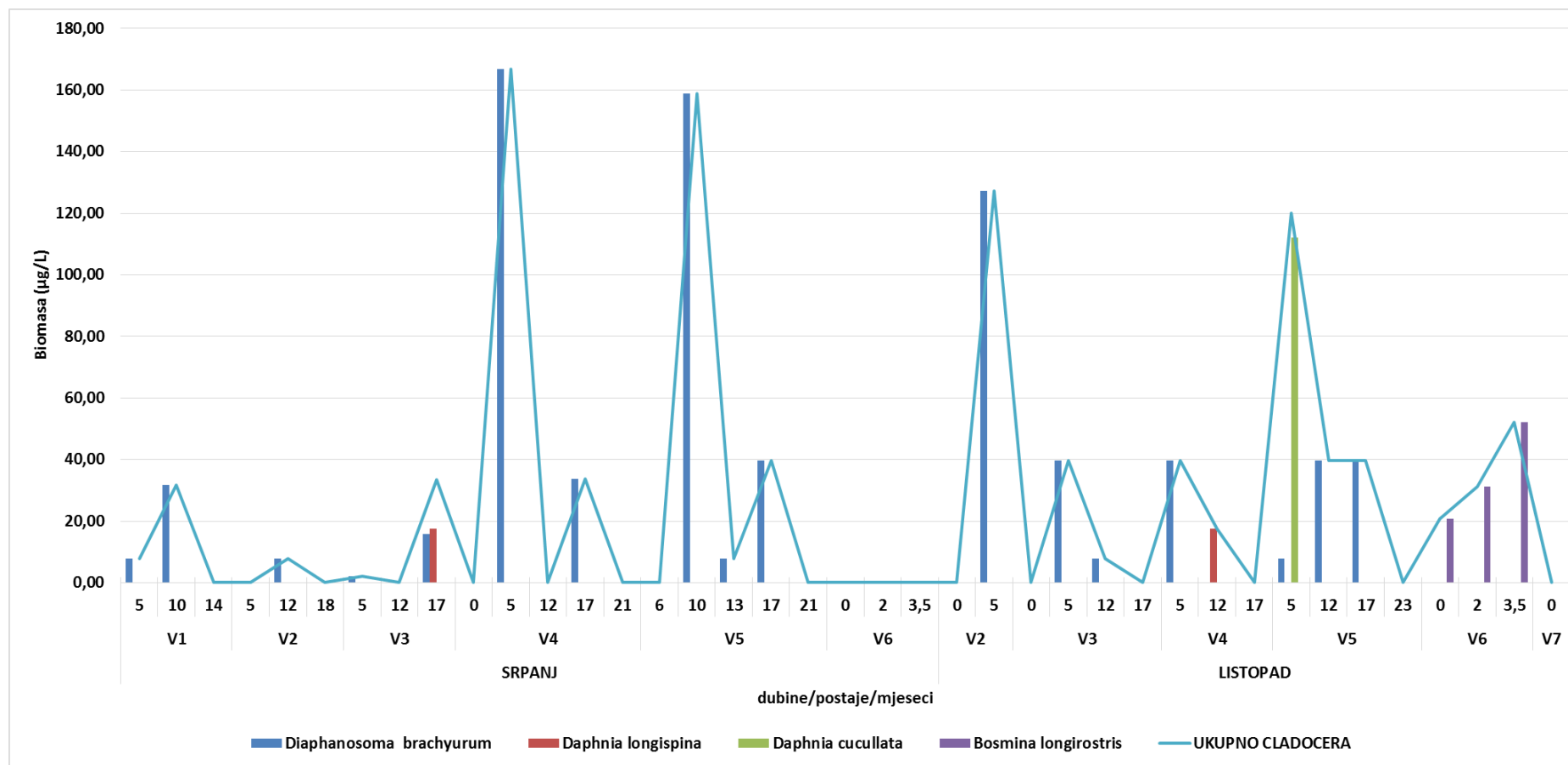
Mjesec srpanj je imao izrazito veće vrijednosti za biomasu pojedinih vrsta iz skupine Copepoda nego listopad 2012. godine. Najveću ukupnu biomasu bilježila je vrsta *Eudiaptomus gracilis* iz porodice Calanoidea, s maksimumom kod postaje V1 pri 18m (1395,26  $\mu\text{g/L}$ ), dok je najmanju biomasu imala vrsta iz porodice Harpacticoida (Slika 4.8.).

Vrsta *Cyclops abyssorum* iz porodice Cyclopoidea je bilježila jednake vrijednosti biomase i za srpanj i za listopad, a maksimum je za oba mjeseca iznosio 318,90  $\mu\text{g/L}$ .

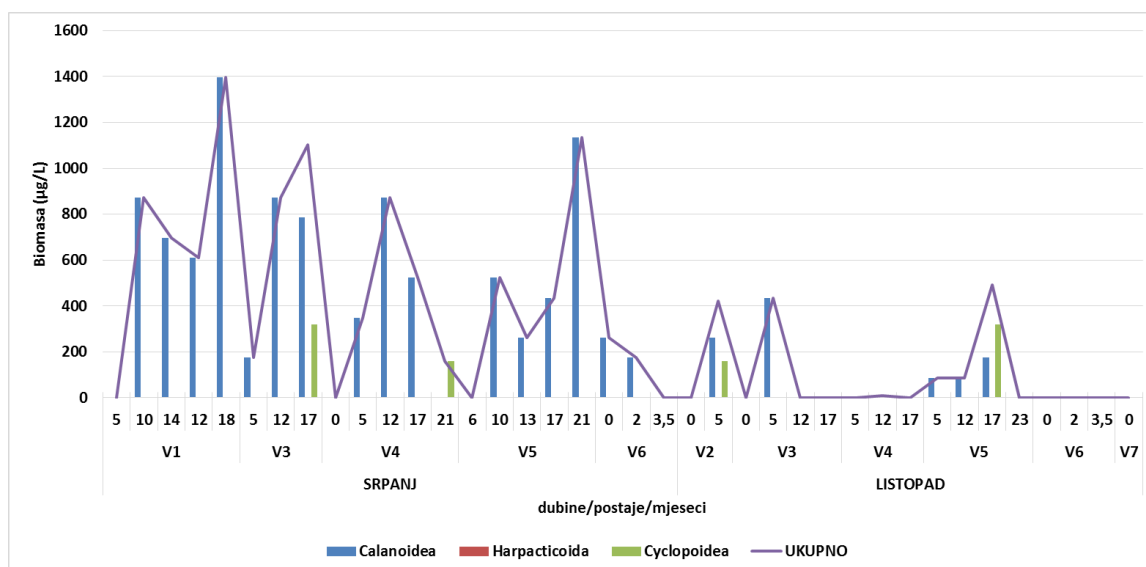
Razvojni stadiji copepoditi i nauplii su u listopadu bilježili nešto veću biomasu nego u srpnju 2012.g. (Slika 4.9.). Maksimum ukupne biomase razvojnih stadija zabilježen je u listopadu kod V4 pri 12m dubine (80,81  $\mu\text{g/L}$ ). Nauplii su najveću biomasu dosegli u srpnju kod V5 pri 6m (85,60  $\mu\text{g/L}$ ), a copepoditi u listopadu kod postaje V2 pri 5m (69,91  $\mu\text{g/L}$ ).



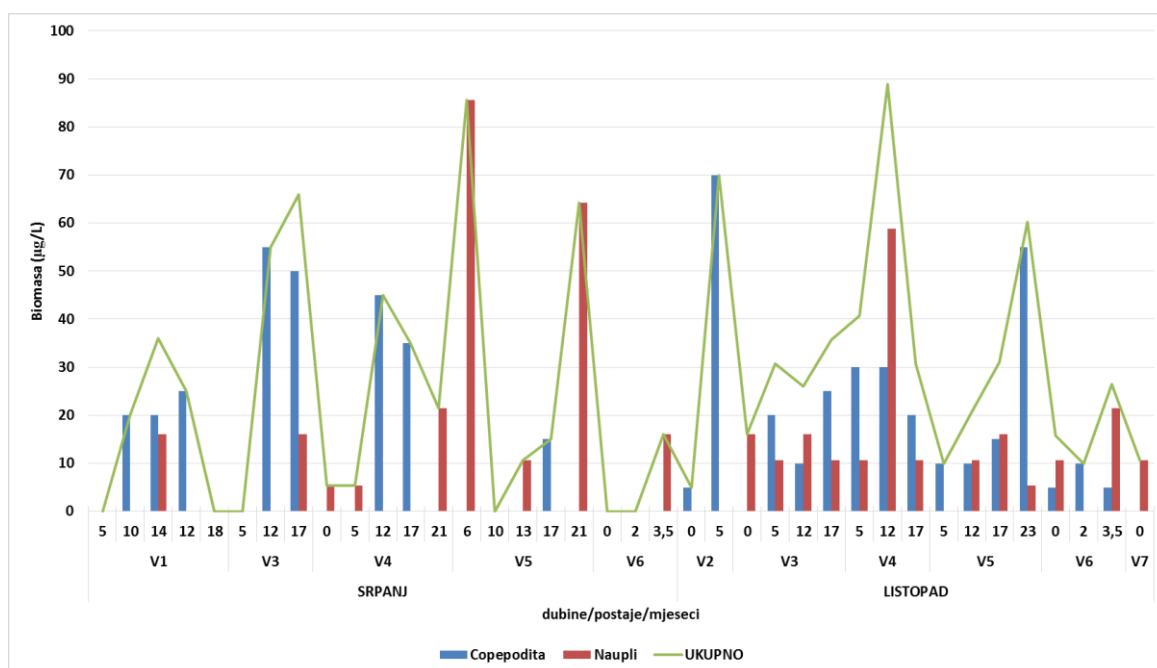
**Slika 4.6.** Ukupna biomasa makrozooplanktona za 2012. godinu



**Slika 4.7.** Biomase vrsta iz skupine rašljoticalaca (Cladocera) za 2012. godinu



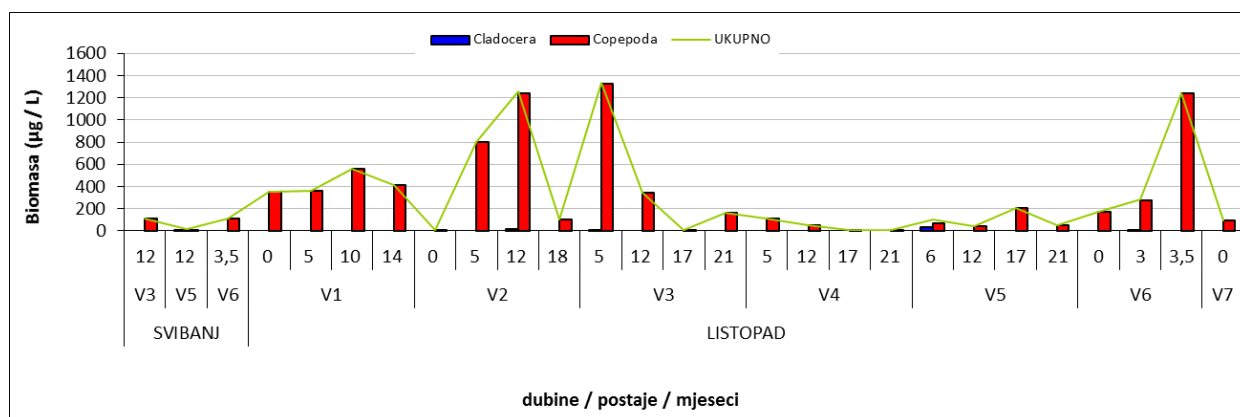
**Slika 4.8.** Biomasa skupine veslonožaca (Copepoda) za 2012. godinu



**Slika 4.9.** Biomasa razvojnih stadija skupine veslonožaca (Copepoda) za 2012. godinu

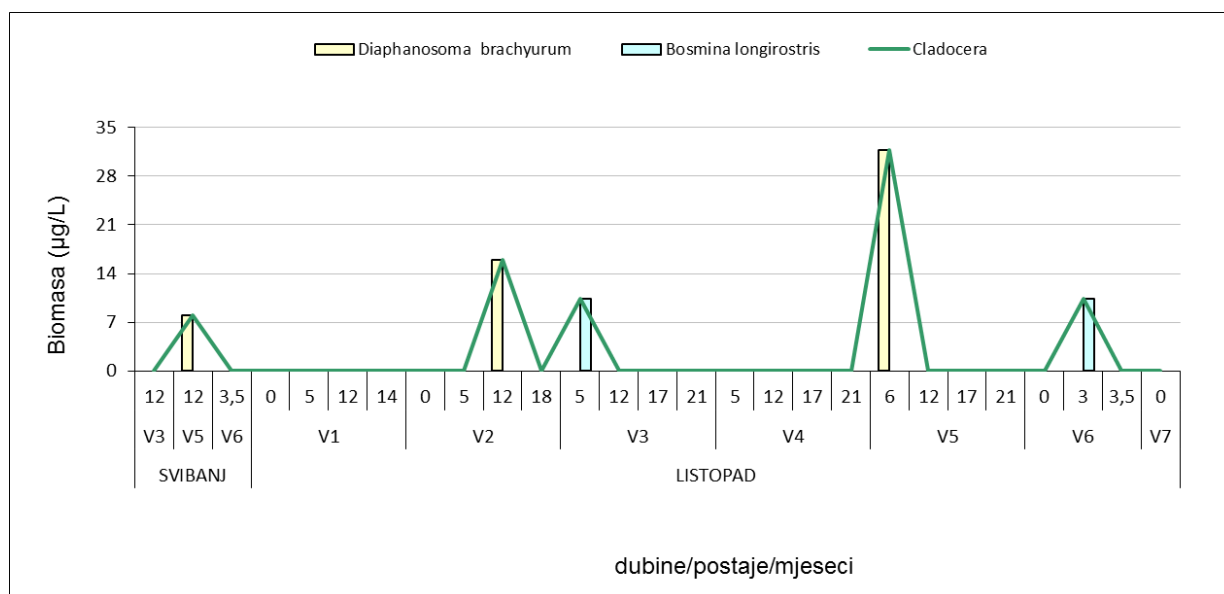


Ukupna biomasa makrozooplanktona za 2013. godinu prikazana je na Slici 4.10. Maksimalna vrijednost ukupne biomase zabilježena je u listopadu kod postaje V3 pri 5m dubine. Iz Slike 4.10. vidljivo je da su vrste iz skupine Copepoda imale veću biomasu naspram vrsta iz skupine Cladocera. Također je vidljivo da su vrijednosti za biomasu bile veće u listopadu nego u svibnju 2013. godine.



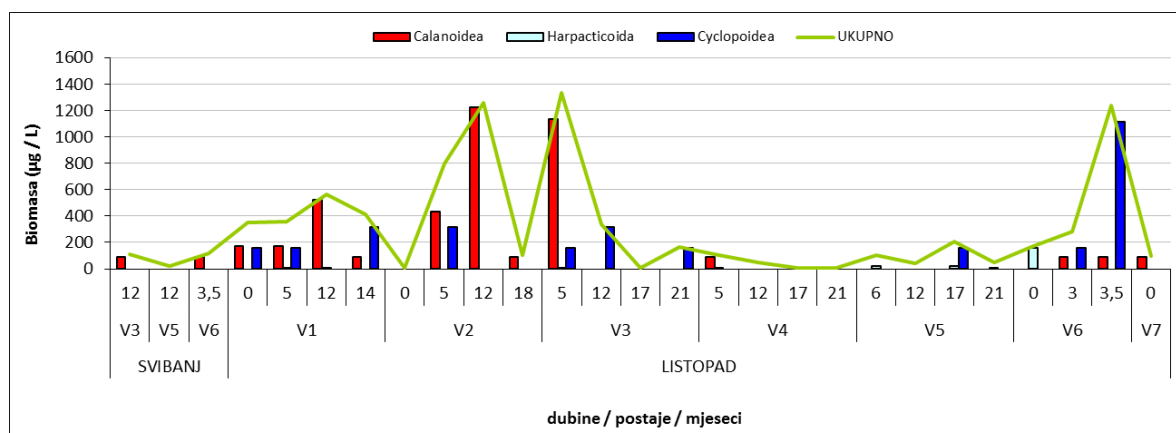
**Slika 4.10.** Ukupna biomasa makrozooplanktona za 2013. godinu

Pronađene jedinice iz skupine Cladocera su *Diaphanosoma brachyurum* i *Bosmina longirostris*, od kojih je *D.brachyurum* zabilježila veću biomasu pa je maksimalnu vrijednost dosegla u listopadu kod postaje V5 pri 5m (Slika 4.11.). *B.longirostris* je zabilježena pri 5m dubine kod postaje V3 i pri 3m kod postaje V6, a biomasa kod obe postaje iznosi 10,43 µg/L. U svibnju 2013. godine pronađena je samo *D.brachyurum* i to kod postaje V5 pri 12m, a vrijednost biomase je iznosila 7,94 µg/L.



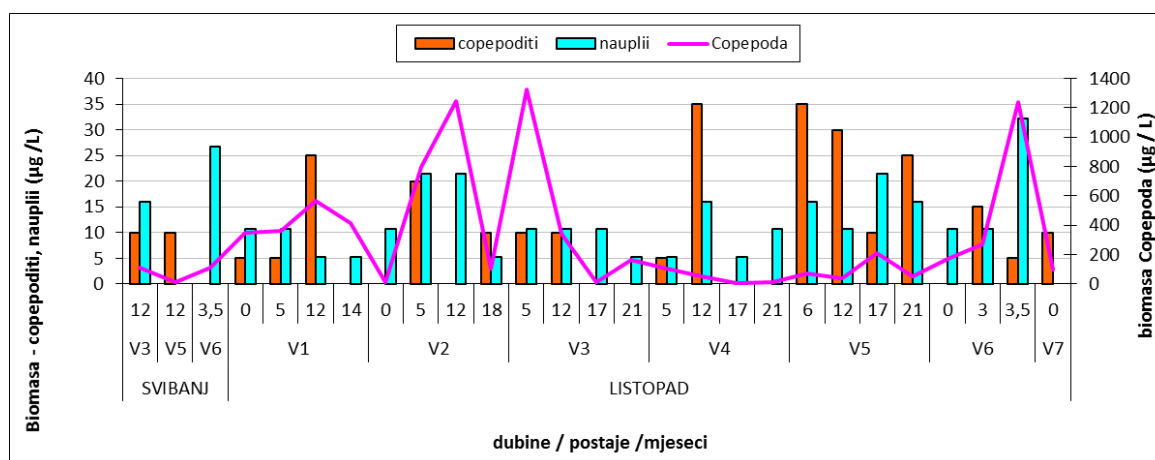
**Slika 4.11.** Biomasa vrsta iz skupine rašljoticalaca (Cladocera) za 2013. godinu

Biomasa vrste *Eudiaptomus gracilis*, koja pripada porodici Calanoidea je najveća i dosezala je maksimalnu vrijednost u listopadu 2013. kod postaje V2 pri 12m u iznosu od 1220,86  $\mu\text{g/L}$ . Veliku biomasu je bilježio i *Cyclops abyssorum* iz porodice Cyclopoidea koji je svoju maksimalnu biomasu dosegao također u listopadu kod postaje V6 pri 3,5m (1116,15  $\mu\text{g/L}$ ). Najmanja ukupna biomasa zabilježena je kod postaje V4, a postaja V5 također je bilježila slabe vrijednosti (Slika 4.12.). Vrsta iz porodice Harpacticoida je zabilježila najmanju ukupnu biomasu i to samo kod V6 i to pri površini.



**Slika 4.12.** Biomasa skupine veslonožaca (Copepoda) za 2013. godinu

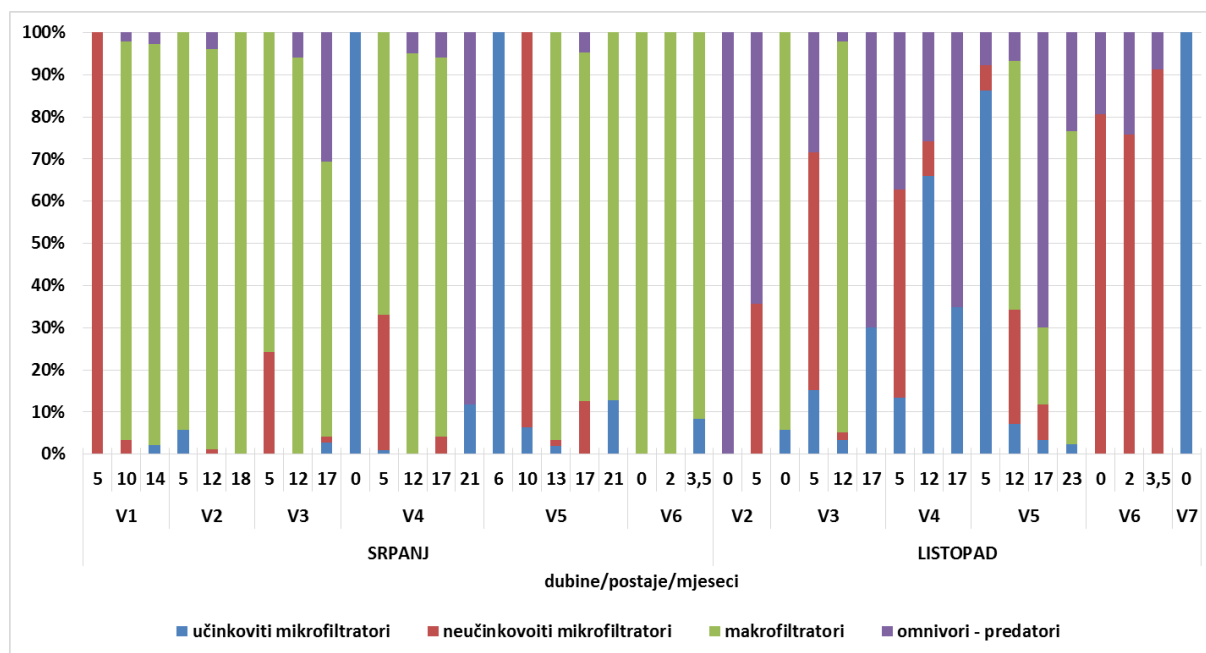
Biomasa razvojnih stadija prikazana je na Slici 4.13. Vidljivo je da su i copepoditi i nauplii imali podjednaku biomasu, a najveća biomasa razvojnih stadija veslonožaca zabilježena je na postaji V5. Copepoditi su imali najveću biomasu kod V4 pri 12m i V5 pri 5m (34,96  $\mu\text{g/L}$ ), a nauplii kod V6 pri 3,5m (32,10  $\mu\text{g/L}$ ).



**Slika 4.13.** Biomasa razvojnih stadija veslonožaca (Copepoda) za 2013. godinu

### 4.2.3. Trofičke kategorije

Udio trofičkih kategorija u ukupnom broju makrozooplanktona za 2012. godinu prikazan je na Slici 4.14.



**Slika 4.14.** Udio trofičkih kategorija u ukupnom broju makrozooplanktona za 2012.g.

U trofičku kategoriju učinkovitih mikrofiltratora pripadaju pronađene vrste iz skupine Cladocera - *Daphnia longispina* i *Daphnia cucullata* te razvojni stadiji skupine Copepoda, nauplii. Učinkoviti mikrofiltratori su prevladavali u listopadu, a najviše ih je zabilježeno kod postaja V4 i V5, posebno kod V5 pri 5m dubine (87%).

Iz skupine neučinkovitih mikrofiltratora pronađene su vrste: *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum* i jedna vrsta iz skupine Harpacticoida. Iz Slike 4.14. može se uočiti da su neučinkoviti mikrofiltratori dominirali u listopadu kod postaje V6 i to pri svim dubinama (0, 2 i 3.5m), a u većem postotku su zabilježeni i u srpnju kod postaje V1 pri 5m te kod V5 pri 10m.

U trofičku kategoriju makrofiltratora od uočenih vrsta pripada *Eudiaptomus gracilis* iz porodice Calanoidea. Makrofiltratori su dominirajuća trofička kategorija i bili su zastupljeni kod svih postaja srpnja te kod V3 i V5 u listopadu. Najviše ih je bilo u srednjem sloju vodenog stupca (10-15m).

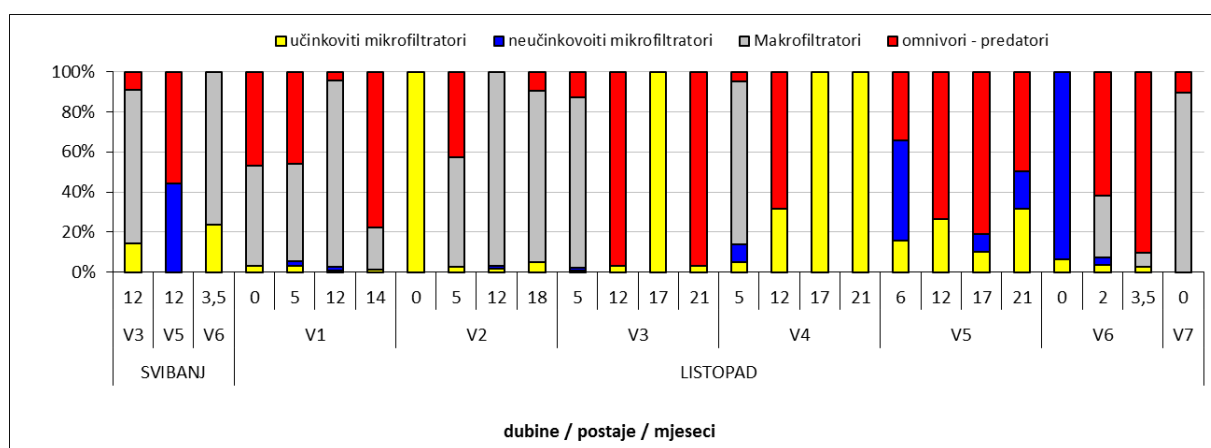
U kategoriju omnivora-predatora pripada vrsta iz porodice Cyclopoidea, *Cyclops abyssorum* i razvojni stadiji copepoditi. Ta je kategorija prevladavala u listopadu kod svih postaja osim V7. U srpnju ih je najviše bilo kod postaje V4 pri 21m dubine.

Iz prikaza udjela trofičkih kategorija za 2013. godinu (Slika 4.15.) vidljivo je da prevladavaju također makrofiltratori odnosno *Eudiaptomus gracilis* iz porodice Calanoidea. Najviše su bili zastupljeni kod postaje V2 pri 12m u listopadu, a kod V5 ih uopće nije bilo.

Podjednak udio su zauzimali i omnivori-predatori (Cyclopoidea, copepodita), koji su isto bili brojniji u listopadu, posebno kod postaja V3, V5 i V6. Najmanje ih je bilo kod postaje V2 u listopadu, a u svibnju kod postaje V6 nisu bili zabilježeni.

Učinkoviti mikrofiltratori (vrste *Daphnia* i razvojni stadiji Copepoda nauplii) su bili zabilježeni u oba mjeseca, ali dominirali su u listopadu kod postaje V4 na dubinama od 12-21m. Manji broj je bio zabilježen kod postaja V1, V2 i V7.

Neučinkoviti mikrofiltratori (*B.longirostris*, *D.brachyurum* i vrsta iz porodice Harpacticoida) su također bili prisutni u oba mjeseca, ali u puno manjem postotku. Prevladavali su kod postaje V6 pri površinskom sloju vode, dok ih kod V1, V2, V3 i V7 u listopadu uopće nije bilo.



**Slika 4.15.** Udio trofičkih kategorija u ukupnom broju makrozooplanktona za 2013.g.

## 5. RASPRAVA

Budući da su jezera manji vodeni ekosustavi (naspram mora i oceana), lakše je pratiti fizikalno-kemijske parametre. Sustavna istraživanja u slatkovodnom dijelu sustava rijeke Krke su povremena (Marguš, 2007), ali za određene zajednice i dijelove akvatorija postoje dobri podaci iz literature (Habdija i sur., 1996; Mrakovčić i sur., 1988; Štambuk-Giljanović i sur., 1982; Matonićkin i Pavletić, 1960). Tijekom ovog istraživanja, koje je obuhvaćalo srpanj i listopad 2012. te svibanj 2013. godine, analizirali su se fizikalno-kemijski parametri uzoraka vode sakupljeni od strane Instituta Ruđer Bošković. Fizikalno-kemijski parametri za listopad 2013. nisu analizirani zbog nedostatka podataka.

U skladu s godišnjim klimatskim ciklusom, u svibnju 2013. i listopadu 2012. temperature cijelog vodenog stupca odgovaraju tom razdoblju pri čemu se može opaziti blagi porast temperature od dna prema površini. Jače zagrijavanje površinskog sloja je uočeno u srpnju 2012. (26 °C), a to je uobičajena temperatura ljetnog razdoblja. Količine otopljenog kisika nisu pokazale značajniju ovisnost o sezoni, već o temperaturi i količini primarnih proizvođača i sloju vode.

Najveća rasprostranjenost i intenzitet hipoksično-anoksičnih uvjeta zabilježeni su u srpnju 2012. kada je na lokacijama V1-V5 na svim dubinama ispod 12 m izmjerena znatno snižena koncentracija kisika ( $< 5$  mg/L). Razlog tomu bi mogla biti pojačana primarna produkcija koja pak kasnije dovodi do povećane potrošnje kisika. Takva pojačana produkcija započinje u rano proljeće jer tada dolazi do razgradnje i taloženje organskog materijala (posljedica donosa nutrijenata tijekom zime). Slična raspodjela i intenzitet hipoksično-anoksičnih uvjeta utvrđeni su i u listopadu 2012. na lokacijama V2-V5.

Količine hranjivih soli ne pokazuju značajnu ovisnost o dubini. Hranjive soli predstavljaju preduvjet za rast fitoplanktona te njihova količina zato utječe na akumulaciju organske tvari i nastanak hipoksično-anoksičnih uvjeta. Izmjerene koncentracije nitrata uglavnom se kreću u uobičajenim rasponima za istraživano područje (Gligora Udovič i sur., 2011). Količine nitrata u svibnju, srpnju, a posebno u listopadu pokazuju jasan pad koncentracije u nizvodnom smjeru, vjerojatno kao posljedica pojačanog iskorištavanja nitrata za rast fitoplanktona. Znatno povišene količine nitrata su zabilježene u dubljim slojevima zahvaćenim hipoksijom. Što se tiče amonijaka, njegova raspodjela odražava razvoj anoksičnih uvjeta u pridnenom sloju te na nekim lokacijama predstavlja dominantni oblik dušika. Na primjer, u listopadu 2012. na postajama V4-V5 su zabilježene vrlo visoke koncentracije amonija do  $25 \mu\text{mol/L}$ . To se može objasniti razgradnjom organske tvari u pridnenom sloju, pri čemu dolazi do iscrpljivanja otopljenog kisika i nastanka anoksije. Raspodjela fosfata ima sličnu dinamiku koja je vezana za razvoj fitoplanktona i varira ovisno o dubini i postaji.

Porast količine klorofila *a* je zabilježen u središnjem dijelu vodenog stupca na dubinama od 5 do 12 m. Važnu ulogu na količinu klorofila *a* ima temperatura. Dakle, postoje razlike između pojedinih područja Visovačkog jezera, ali i po sezonama. Na razlike utječe i dubina vodenog stupca pa su vrijednosti na plićim postajama V1 i V6 uglavnom znatno niže. Najveće količine klorofila *a* izmjerene su u listopadu 2012. Zanimljivo je da ne postoji korelacija između razina

hranjivih soli i količine klorofila *a* što ukazuje da količina ovisi i o drugim čimbenicima kao što su svjetlost i temperatura.

Akvatorij rijeke Krke, a posebno Visovačko jezero, istraživao je u prošlosti. Na osnovi postojećih podataka iz literature može se govoriti o sustavnom i redovitom praćenju ekoloških prilika u razvoju planktonskih zajednica. Tijekom 1995. i 1996. godine na Visovačkom jezeru istraživana je trofička struktura makrozooplanktona.

Ukupan broj i raznolikost vrsta zooplanktona varira iz godine u godinu, a to može biti posljedica ekoloških prilika. Jedan od razloga je antropogeni utjecaj i promjena u ekosustavu koja uzrokuje i promjene u prethodno navedenim fizikalno-kemijskim parametrima. Drugi razlog mogu biti predatori, kako ribe, tako i ličinke kukaca koje eliminiraju iz zajednice velike makrozooplanktonske vrste (Ternjej i sur., 2010).

Tijekom ovog istraživanja tijekom 2012. i 2013. godine od trofičkih kategorija prevladavaju makrofiltratori, odnosno vrste iz porodice Calanoidea koji se hrane prvenstveno većim algama. Ta skupina je brojnija u srpnju nego listopada 2012. godine što je u skladu s povećanjem primarne produkcije za taj mjesec. Prema podacima iz literature broj ciklopoidnih vrsta u srednjoeuropskim jezerima dva puta je veći od broja kalanooidnih vrsta (Dodson, 1991). U 2012. i 2013. godini ipak prevladava porodica Calanoidea, vjerojatno u skladu s drugačijim načinom prehrane, dok se Cyclopoida zadržavaju više u dubljim slojevima jezera. Predatori-omnivori se hrane drugim rašljoticalcima, kolnjacima te malim veslonošcima, a tu ubrajamo porodicu Cyclopidea te razvojne stadije copepodite. Njihova biomasa je povećana u listopadu vjerojatno zbog veće količine hrane dok u ostalim mjesecima ne pokazuju toliku brojnost. U trofičku kategoriju učinkovitih mikrofiltratora koji se hrane nanoplanktonskim algama, detritusom i bakterijama, ubrajamo vrste *Daphnia* i nauplie Copepoda, a oni su najzastupljeniji na površini 0-5m. Njihova gustoća nije toliko uvjetovana izvorima hrane, koliko specifičnošću razvojnog ciklusa vrsta kojima pripadaju. Dvije vrste *Daphnia* u Visovačkom jezeru *D.cucullata* i *D.longispina* imaju iste potrebe za hranom, ali kada dolaze zajedno pojavljuju se u različitim slojevima vode pa se tako *D.cucullata* pojavljuje u epilimniju i metalimniju (u listopadu 2012. pronađena pri 5m), a *D.longispina* u donjim dijelovima metalimnija i hipolimniju (pronađena pri 12m). *D.cucullata* se nalazi u kompeticiji s *D.longispina*, a pošto je *D.longispina* u prosjeku nešto veća od vrste *D.cucullata*, ima i lakšu mogućnost hranjenja.

Nekoliko je važnih čimbenika koji utječu na gustoću zooplanktona, a jedan od najvažnijih svakako je kompeticija za hranu odnosno razlike u korištenju izvora hrane. Izvori hrane ovise o veličini čestica i njihovoj kvaliteti. Za planktonske rakove dugo se mislilo da uzimaju hranu filtrirajući ili gutajući čestice. Međutim, nedavna istraživanja pokazala su da ovi mikroskopski rakovi mogu pomoću kemoreceptora i mehanoreceptora birati hranu (Dussart i Defaye, 1995; Becker i sur., 2004). Neučinkoviti mikrofiltratori se hrane detritusom i bakterijama, a u tu kategoriju ubrajamo *B. longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum* te porodicu Harpacticoida. Oni prevladavaju u površinskim slojevima jezera jer se zbog veće količine svjetlosti tj. više temperature ondje nalazi više hrane.

U jezeru Visovac nisam utvrdila prave predatore čiji se udio povećava s porastom trofije. To je kategorija koja je na vrhu hranidbene piramide pa je njihova brojnost manja. U prethodnim istraživanjima ova je kategorija utvrđena (Ternjej i sur., 2010), a razloge nedostatka tijekom ovog istraživanja treba sagledati u vezi sa kratkim vremenskim razdobljima i nekontinuiranom setu podataka.

## 6. ZAKLJUČAK

- U listopadu 2012. godine, izmjerene su nešto manje vrijednosti količine otopljenog kisika u odnosu na srpanj iste godine, dok je temperatura vode za srpanj 2012. je bila u prosjeku viša nego u listopadu iste godine.
- Ukupne koncentracije klorofila *a* su bile u širokom rasponu od 79 do 6000 ng/L. U listopadu 2012. su bile puno veće vrijednosti nego one u srpnju iste godine.
- Količine nitrita, ortofosfata i amonijaka za listopad 2012. godine su bile veće nego za srpanj iste godine, dok se količina nitrata za srpanj 2012. bila veća nego u listopadu iste godine. Razine hranjivih soli u Visovačkom jezeru osiguravaju dobre preduvjete za razvoj fitoplanktona. Povećanje količine hranjivih soli može postati jednim od dodatnih izvora za pojačavanje procesa eutrofikacije, a na to utječu i antropogeni faktori.
- Hipoksično-anoksični uvjeti u Visovačkom jezeru su u posljedica procesa eutrofikacije koja je posebno intenzivna u toplijem dijelu godine. Eutrofikaciju Visovačkog jezera treba smatrati ozbiljnim problemom koji je potrebno pratiti s ciljem boljeg razumijevanja moguće antropogene uloge te poduzimanja mjera zaštite u skladu s tim.
- Utvrđene su četiri vrste iz skupine Cladocera: *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia longispina*, *Daphnia cucullata* i *Bosmina longirostris* te tri vrste iz skupine Copepoda: *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops abyssorum* i jedna neodređena vrsta Harpacticoida te njihovi razvojni stadiji copepoditi i nauplii.
- Ukupna brojnost makrozooplanktona ovisi o vremenskom razdoblju i dubini vodenog stupca.
- Vrste iz skupine Copepoda (veslonožaca) su bile brojnije nego vrste iz skupine Cladocera (rašljoticalaca) u srpnju i listopadu 2012. godine, dok su Copepoda prevladavali u svibnju i listopadu 2013. godine. Vrsta iz porodice Harpacticoida je najmanje brojna vrsta skupine Copepoda.
- Od indikatora eutrofije utvrđene su vrste *Diaphanosoma brachyurum* i *Bosmina longirostris*, međutim gustoća populacija ovih vrsta znatno se razlikuje. *D.brachyurum* javlja se najviše tijekom srpnja 2012. na svim postajama dok je gustoća populacija *B.longirostris* vrlo mala. *B.longirostris* se pojavljuje u listopadu 2012. pri dubinama od 0 - 3,5m.
- Od indikatora oligotrofnih ekosistema u Visovačkom jezeru su utvrđene vrste *Daphnia longispina* i *Daphnia cucullata*, ali u manjoj brojnosti.



## 7. LITERATURA

- Allan D. J. (1974): Balancing predation and competition in cladocerans. *Ecology* 55: 622-629.
- Carlson R. E. (1977): A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369.
- Castro B. B., Antunes S. C., Pereira R., Soares A. M. V. M. i Gonçalves F. (2005): Rotifer community structure in three shallow lakes: Seasonal fluctuation and explanatory factors. *Hydrobiologia* 543: 221-232.
- De Bernardi R., Giussani G., Manca M. (1987): Cladocera: Predators and prey. *Hydrobiologia* 145: 225-243.
- Dodson S. (1991): Species richness of crustacean zooplankton in european lakes of differentsizes. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 24: 1223-1229.
- Einsle U. (1993): Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Süßwasserfauna von Mittleuropa 8/4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Habdija I., Meštrov M., Stilinović B., Tavčar V., Primc-Habdija B., Kerovec M., Mrakovčić M., Plenković-Moraj A., Radanović I., Mihaljević Z., Bukvić I., Lajtner J., Špoljar M., Schneider D., Gottstein S. (1996): Istraživanja kvalitete vode rijeke Krke i Čikole na osnovu fizikalnih, kemijskih i bakterioloških karakteristika vode i biocenološko-ekoloških odnosa u funkcionalnoj organizaciji zajednica bentosa i planktona. II dio, PMF, 282str., Zagreb.
- Ciglencečki-Jušić I., Ahel M., Mikac N., Omanović D., Vdović N. (2013): Istraživanje prirodnih značajki i procjena antropogenog utjecaja na kvalitetu ekosustava rijeke Krke u području Visovačkog jezera. Zagreb, 2013.
- Karabin A. (1985): Pelagic zooplankton (Rotatoria + Crustacea) variations in the proces of lake eutrophication. II. Modifying effect of biotic agents, *Ekologia Polska*.
- Kerovec M. (1988): Ekologija kopnenih voda. Mala ekološka biblioteka. Hrvatsko ekološko društvo i dr. Ante Pelivan, Zagreb.
- Matoničkin I., Habdija I., Primc-Habdija B.: Beskralješnjaci-biologija viših avertebrata. Školska knjiga, Zagreb 1999.
- Matoničkin I., Pavletić Z. (1960): Biološka istraživanja na slapovima rijeke Krke. *Ljetopis JAZU* 67, str. 245-249, Zagreb.
- Mihaljević Z. (2006): Predavanja iz Ekologije životinja. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb. Pristupljeno: 13.6.2014.
- Moss B. (1980): Ecology of fresh waters. Blackwell Scientific Publications, Oxford pp 332.

- Mrakovčić M., Mišetić S., Šurmanović D., Fašaić K., Matašin Z. (1988): Ekološka analiza stanja ihtiofaune unutar Nacionalnog parka „Krka“. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Istraživačko razvojni centar za ribarstvo, 88 str., Zagreb.
- Papović R., Šapkarev R. (1990): Animalna ekologija. Naučna knjiga, Beograd.
- Piria M. (2006): Plankton i bentos u kopnenim vodama. Skripta za vježbe, Agronomski fakultet Zagreb.
- Štambuk-Giljanović N., Rački R., Smolčić V. (1982): Kemijski i biološki pokazatelji kvalitete vode Krke u Visovačkom jezeru. Vodoprivreda 14, str. 78-79, Split.
- Ternjej I., Mihaljević Z., Kerovec M. (2007): Makrozooplankton Visovačkog jezera. U: Zbornik radova Rijeka Krka i Nacionalni park „Krka“ prirodna i kulturna baština, zaštita i održivi razvitak (Ur. D. Marguš), Narodne novine d.d. Zagreb, 577-597.
- Ternjej I., Plenković-Moraj A., Mihaljević Z., Kerovec M. (2010): Spatial and temporal variation of plankton in a mediterranean karstic lake. Ekológia (Bratislava), 29 (1): 65–86.
- Vrebčević B. (1996): Priručnik za upoznavanje slatkovodnih račića veslonožaca (Copepoda, Cyclopoidae) i rašljoticalaca (Cladocera) Hrvatske. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb.

## OSOBNİ PODACI:

Ime i prezime: **Mateja Šapina**

Godina rođenja: **1989.**

Adresa: **Dragutina Lobe 51, 35400 Nova Gradiška**

Telefon: **035/ 361-216**

Mobilni telefon: **091/ 911 6065**

E-mail: [matejasapina19@live.com](mailto:matejasapina19@live.com)

## ŠKOLOVANJE:

2008.-sada: **Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Cjeloviti integrirani studij biologije i kemije**

2004.-2008.: **Opća gimnazija Nova Gradiška**

## RADNO ISKUSTVO:

2009.- 2012.: **poučavateljica biologije i kemije za djecu**

- održavala sam instrukcije iz različitih područja biologije i kemije

## STRANI JEZICI:

ENGLESKI:

- Čitanje: **odlično znanje**
- Pisanje: **odlično znanje**
- Govor: **odlično znanje**

NJEMAČKI:

- Čitanje: **osnovno znanje**
- Pisanje: **osnovno znanje**
- Govor: **osnovno znanje**

## OSTALE SPOSOBNOSTI, ZNANJA I VJEŠTINE:

Odlično poznavanje rada na računalu i vrlo dobro znanje Microsoft Office paketa.

Poznavanje rada u grafičkim programima PhotoShop i slično.